ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 MARS 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 3 avril au lieu du lundi 2.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 17 mars 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jules Bordet** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Ciamician*.

Il est donné lecture de ce décret.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydroxyde thalleux.* Note (1) de M. R. de Forcrand.

La préparation de ce composé thalleux à l'état de pureté présente quelques difficultés.

Le procédé indiqué depuis longtemps qui consiste à précipiter une dissolution de sulfate thalleux par la baryte, filtrer et évaporer la liqueur, oblige à manier, vu le peu de solubilité des matières premières, de grandes masses de liquides. Il devient alors difficile d'éviter soit la carbonatation à l'air, soit l'attaque des vases, soit la déshydratation partielle de la base cherchée. On doit opérer dans des vases de platine, sous cloche, dans une atmosphère

---

(1) Séance du 12 mars 1923.

exempte de gaz carbonique, en présence d'un déshydratant et à la température ordinaire. C'est une préparation qui demande plusieurs mois pour quelques grammes de produit.

Encore se forme-t-il toujours de l'oxyde anhydre noir sur les bords et à la surface; mais au fond de la capsule on trouve le plus souvent quelques grands cristaux jaunes de H — O Tl, retenant seulement des traces de Tl^2O. Ces cristaux se recouvrent assez vite à l'air d'oxyde anhydre noir.

J'ai déshydraté quelques-uns de ces beaux cristaux jaunes en les chauffant à 100° dans un courant d'hydrogène pur et sec pendant environ une heure, jusqu'à poids constant. La perte a été de 3,7 pour 100, tandis que la théorie demande 4 pour 100 pour H — O Tl. J'avais donc opéré sur un produit déjà un peu effleuri (environ : $Tl^2O + 0{,}9\,H^2O$). L'oxyde anhydre obtenu était d'un beau noir brillant.

J'ai indiqué récemment un autre mode de préparation de l'hydroxyde thalleux : il suffit d'ajouter à froid à l'éthylate thalleux : $C^2H^5 - OTl$, liquide et incolore, son volume d'eau, ce qui correspond à environ quatre molécules d'eau pour une d'éthylate. Les trois molécules d'eau en excès entraînent l'alcool formé, et les liquides sont absorbés par des plaques poreuses sous cloche pendant 24 heures. Dans ces conditions on perd très peu de produit, la solubilité de H — O Tl dans l'eau étant assez faible. On obtient ainsi un hydroxyde jaune, en grains microcristallins.

L'avantage de ce procédé est sa rapidité; en quelques minutes on effectue la précipitation et la mise sur plaques poreuses; l'inconvénient est que l'hydroxyde retient toujours un peu d'eau en excès dans la masse. Aussi j'ai pris le parti d'employer ce produit encore un peu humide, retenant environ 4 pour 100 d'eau, ce qui correspond sensiblement à

$$H - OTl + 0{,}5\,H^2O.$$

J'ai constaté d'ailleurs que cette petite quantité d'eau n'est pas combinée.

Pour connaître la chaleur d'hydratation de Tl^2O, il suffit de dissoudre séparément dans l'eau l'oxyde anhydre et l'hydroxyde, ainsi que l'a fait Thomsen [1], qui a trouvé, à + 17° :

Pour 2 × H — OTl	$-6^{Cal},312$
Pour Tl^2O	$-3^{Cal},081$

Différence : $3^{Cal},231$.

La première réaction se fait aisément, surtout en partant de l'hydroxyde

(1) *Therm. Unters.*, t. 3, p. 340.

pulvérulent jaune ([1]), mais je n'ai pu effectuer la seconde en un temps assez court pour une expérience calorimétrique. Même l'acide sulfurique étendu ne dissout que très lentement Tl^2O. Ainsi j'ai dû employer comme dissolvant l'acide fluorhydrique étendu ($HF + 600 H^2O$) dans les deux cas. En partant des grands cristaux jaunes et de leur produit de déshydratation noir Tl^2O, j'ai obtenu à $+13^{\circ}$:

Avec $2 \times H - OTl$.....................	$+25^{Cal},210$
Avec Tl^2O..........................	$+28^{Cal},327$

Différence : $3^{Cal},117$.

La différence 3,117 se confond avec le nombre de Thomsen : 3,231 ; la moyenne est $3^{Cal},174$. Ce nombre représente la quantité de chaleur dégagée par la fixation de H^2O liquide sur Tl^2O solide. A partir de H^2O solide, on aurait seulement $+1^{Cal},744$. En calculant comme je le fais habituellement pour les hydrates, on trouverait

$$\frac{+11,090+1,744}{30} = T' = 428^{\circ}, \qquad \text{soit} \qquad +155\,C.$$

C'est à cette température que la tension d'efflorescence atteint 760^{mm}. Ce nombre est voisin de ceux que donnent beaucoup d'hydrates salins qui s'effleurissent dans l'air sec à froid.

Nous sommes très loin des valeurs fournies par les hydroxydes des vrais métaux alcalins, par exemple :

$$Na^2O + H^2O \text{ sol.} + 42^{Cal},04, \qquad Cs^2O + H^2O \text{ sol.} + 37^{Cal},88,$$
$$Li^2O + H^2O \text{ sol.} + 15^{Cal},61,$$

tandis que les métaux lourds divalents (zinc, fer, plomb, cuivre, etc.) donnent des nombres voisins de 1 à 2 calories.

D'ailleurs la chaleur d'oxydation de Tl^2 avec formation de $Tl^2O (+42^{Cal},8)$ aussi bien que les chaleurs de dissolution de Tl^2O ou de $H - OTl$ éloignaient déjà nettement le thallium des métaux alcalins.

Cependant, cet hydroxyde $H - OTl$, une fois formé, se révèle comme une base très puissante, aussi forte que les bases alcalines ; elle paraît

---

([1]) Je l'ai réalisée notamment en dissolvant à $+13^{\circ}$ dans l'eau plusieurs échantillons de $H - OTl$ pulvérulent jaune retenant un peu d'eau (de 0,4 à 0,6 H^2O), ce qui m'a donné $-6^{Cal},388$, nombre très voisin de celui de Thomsen ; ce résultat montre que cet excès d'eau n'est pas combiné et qu'il n'existe pas d'hydrate secondaire

$$H - OTl + n\,H^2O.$$

même plus forte lorsqu'on l'oppose aux acides très faibles comme les phénols ou les alcools.

J'ai précisé cette opposition en saturant les dissolutions de H — OTl par différents dérivés hydroxyles que j'avais sous la main : triméthylcarbinol, pinacone, cyclohexanol, alcools méthylique et éthylique, glycol, glycérine, phénol, acides acétique, sulfurique, fluorhydrique. Voici les nombres obtenus, rapprochés de ceux que donne la soude :

	$(CH^3)^3 \equiv C - OH$.	$(CH^3)^2 - C - OH$.	$C^6H^{11} - OH$.	$CH^3 - OH$.
H — OTl.....	+ 0,397	+ 0,337	+ 0,305	+1,200
H — ONa....	— 0,060	?	?	+0,040

	$C^2H^5 - OH$.	$\frac{C^2H^4 = (OH)^2}{2}$.	$\frac{C^3H^5 \equiv (OH)^3}{3}$.	$C^6H^5 - OH$.
H — OTl.....	+ 1,216	+ 1,216	+ 1,338	+8,514
H — ONa....	— 0,030	+ 0,280	+ 0,500	+8,000

	$CH^3 - COOH$.	$\frac{SO^4H^2}{2}$.	HF.
H — OTl.....	+13,987	+15,634	+16,440 (¹)
H — ONa....	+13,300	+15,689	+16,300

A part les deux nombres relatifs à l'acide sulfurique, qui sont identiques, tous les autres accusent une basicité plus forte pour H — OTl que pour H — ONa. La différence est surtout sensible pour les alcools; même les alcools secondaires (cyclohexanol) ou tertiaires et bitertiaires (triméthylcarbinol, pinacone) agissent encore sur H — OTl dissous.

Grâce à cette fonction de base forte H — OTl peut être dosé alcalimétriquement, comme une base alcaline, avec la phtaléine comme indicateur, au moyen d'une solution titrée d'un acide fort.

NOMINATIONS.

A l'unanimité de 31 suffrages, M. **A. Lacroix** est désigné pour faire partie de la *Commission de répartition des fonds du pari mutuel* destinés aux œuvres de bienfaisance, en remplacement de M. *G. Lemoine*, décédé.

(¹) Ce nombre + 16,440 est de Pettersen (*Zeit. phys. Chem.*, t. 4, 1889, p. 3).

CORRESPONDANCE.

M. **Jules Cornet**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

L'Académie est invitée à se faire représenter au IIe Congrès de l'*Association internationale de Thalassothérapie*, qui aura lieu à Venise les 9, 10, 11, 12 avril prochain.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut scientifique de l'Indo-Chine. Catalogue de la Bibliothèque.
2° Cargill G. Knott. *Collected scientific papers of John Aitken.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Taylor qui ont une infinité de coefficients nuls*. Note de M. **Soula**, présentée par M. Hadamard.

Je voudrais indiquer une proposition qui se déduit immédiatement de travaux récents de MM. Carlson (1) et Nevanlinna (2). Il s'agit d'étudier la fonction $f(z) = \Sigma a_n z^n$, sachant que le nombre des coefficients nuls de rang inférieur à t est égal à $h(t)$; la fonction peut être entière ou non entière.

Si la fonction est holomorphe en tout point intérieur à un angle égal à 2Ω ayant l'origine pour sommet ainsi que sur les côtés de cet angle, si dans ce champ $|z^{-p}f(z)|$ est borné, p étant un nombre positif, alors

$$\int_{t_0}^{t}\left[\frac{h(x)}{x}-\frac{\pi-\Omega}{\pi}\right]\frac{1}{x}\,dx$$

est borné en valeur algébrique, quel que soit t (t_0 est une constante positive).

(1) Carlson, *Thèse*, Upsal, 1914; *Math. Annalen*, Bd 79, 1919.
(2) Fr. Nevanlinna, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 676.

Ce théorème limite la croissance de $\frac{h(x)}{x}$; il est impossible, par exemple, que cette quantité ait sa plus petite des limites supérieure à $\frac{\pi - \Omega}{\pi}$.

La démonstration est basée sur deux propositions :

1° On peut supposer que cet angle où $f(z)$ est holomorphe et croît comme un polynome soit celui du plan de la variable $z = \rho e^{i\omega}$, qui est défini par

$$\pi \geqq |\omega| \geqq \pi - \Omega. \tag{1}$$

Il existe alors une fonction $g(u)$ de la variable $u = p + 1 + re^{i\theta}$ holomorphe pour $|\theta| \leqq \frac{\pi}{2}$ et telle que

$$|g(u)| < \mathrm{M}\, e^{r[(\pi-\Omega)|\sin\theta| + b\cos\theta]}$$

(M et b sont des constantes positives) et

$$g(n) = a_n \qquad \text{pour } n \text{ entier positif.}$$

Cette fonction est représentée par

$$g(u) = \frac{1}{2i\pi}\int_{\mathrm{S}} \frac{f(z)\,dz}{z^{u+1}},$$

S étant un certain contour illimité, déduit des côtés de l'angle (1) en remplaçant la partie voisine du sommet par un arc de courbe choisi de telle sorte que S divise le plan en deux régions dont l'une contienne tous les points singuliers de la première détermination de $f(z)$ et dont l'autre contienne l'origine.

2° La deuxième proposition ressort de la formule (3) (Note citée) de M. Nevanlinna. Si une fonction $g(v)$ de la variable $v = re^{i\theta}$ est holomorphe pour $|\theta| \leqq \frac{\pi}{2}$, si

$$|g(v)| < \mathrm{M}\, e^{r[a|\sin\theta| + b\cos\theta]}$$

(M, a, b positifs), si $h(t)$ est le nombre de ses zéros d'argument inférieur à $\frac{\pi}{2}$ et de module compris entre t_0 et t, l'intégrale

$$\int_{t_0}^{t} \left[\frac{h(x)}{x} - \frac{a}{\pi}\right]\frac{1}{x}\,dx$$

reste bornée quand t augmente indéfiniment.

Les deux conditions imposées à la fonction $f(z)$ par notre énoncé (dis-

position des points singuliers, limitation de la croissance), paraissent nécessaires pour la validité du résultat. D'une part, en effet, il existe des fonctions bornées n'ayant que le point singulier 1 sur leur cercle de convergence [1] et pour lesquelles $\frac{h(x)}{x}$ a pour plus petite limite $\frac{1}{2}$; d'autre part, il existe des fonctions entières pour lesquelles $\frac{h(x)}{x}$ est aussi voisin de 1 que l'on veut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonction harmonique dont le gradient s'annule à l'infini.* Note de M. **P. Noaillon**, présentée par M. Hadamard.

Dans un liquide parfait, indéfini, primitivement immobile, on déplace un corps solide C avec une vitesse constante $\overrightarrow{V}_c$. On suppose atteint le régime permanent par rapport au solide C. Si le mouvement est continu, ce sera un mouvement non rotationnel. Dans la solution classique, la vitesse s'annule à l'infini comme le carré de l'inverse de la distance au corps. L'énergie cinétique totale est alors finie, et il s'ensuit, en vertu du principe de la conservation de l'énergie, que la résistance à l'avancement doit être nulle (paradoxe de d'Alembert).

On a cherché une distribution des vitesses se rapprochant plus des phénomènes naturels en introduisant des discontinuités (surfaces de glissement de Helmholtz); mais avant d'en arriver là, il est naturel de se demander s'il n'existe pas de distribution continue autre que la solution classique et qui, s'annulant moins vite à l'infini, fournissait une énergie cinétique totale infinie.

La question est d'autant plus naturelle que, dans le cas du plan, une pareille distribution est possible. Par exemple, si le solide est un cercle avec une vitesse de translation nulle, la solution classique, avec énergie totale finie, c'est le repos. Mais si en chaque point extérieur au cercle on considère une vitesse perpendiculaire au rayon et inversement proportionnelle à la distance au centre du cercle, on aura une distribution continue, non rotationnelle, avec vitesse nulle à l'infini, mais avec énergie cinétique totale infinie.

Le théorème que nous présentons ici répond à cette question en disant :

---

[1] Faber, *Sitzungsberichte Math.-phys. Klasse bayerischen Akademie*, Bd 36, 1906.

dans le cas de l'espace à trois dimensions, la solution classique est la seule solution continue à mouvement permanent irrotationnel.

La démonstration que nous en donnons a été considérablement simplifiée grâce aux suggestions de M. Hadamard.

Théorème. — *Si à l'extérieur d'une surface fermée* S, *située tout entière à distance finie, la fonction* $\varphi(x, y, z)$ *est harmonique pour toute valeur finie de* $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ *et si ses dérivées partielles*,

$$u = \frac{\partial\varphi}{\partial x}, \qquad v = \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \qquad w = \frac{\partial\varphi}{\partial z},$$

tendent vers zéro avec $\frac{1}{r}$ *soit uniformément, soit, plus généralement, en moyenne* (voir l'alinéa suivant), *on pourra trouver une constante* B, *telle que, dans tout le domaine extérieur à* S *l'on ait*

$$|u| < \frac{B}{r^2}, \qquad |v| < \frac{B}{r^2}, \qquad |w| < \frac{B}{r^2}.$$

Nous disons que u, v, w tendent vers zéro avec $\frac{1}{r}$ *en moyenne*, si la moyenne de $V = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$, sur une sphère de centre O et de rayon r, tend vers zéro avec $\frac{1}{r}$. Cette moyenne est représentée par $\frac{1}{4\pi}\int V\,d\Omega$ où $d\Omega$ désigne un angle solide élémentaire et V le module $\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$ dans cet angle solide, sur la sphère de rayon r. Si le module V reste borné à l'extérieur de S, la convergence en moyenne sera assurée, quand V tendra vers zéro dans toutes les directions suivant des lois *quelconques*. Cela résulte d'un théorème connu de M. Lebesgue [*Leçons sur l'intégration*, collection Borel (1904), p. 114]. Ce cas est celui de l'hydrodynamique, pour un mouvement permanent irrotationnel, la formule de Bernoulli,

$$\frac{p}{\rho} + \frac{1}{2}V^2 = H,$$

où $\frac{p}{\rho}$ doit rester positif, entraînant $V^2 < 2H$.

Soit P le point de coordonnées x, y, z, extérieur à S. Enfermons la surface S et le point P à l'intérieur d'une sphère Σ de centre O et de rayon R. La fonction $\varphi(x, y, z)$ est harmonique dans le domaine compris entre S et Σ. Donc, en désignant par M un point mobile sur S et par dM un élément de la surface S autour de M, par N un point mobile sur Σ et par dN un élément

de la surface Σ autour de N, on aura pour la valeur de $\varphi(x, y, z)$ en P

$$\varphi(P) = +\frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left[\frac{\cos PNO}{|PN|^2}\varphi(N) - \frac{1}{|PN|}\frac{d\varphi(N)}{dn}\right]dN$$
$$-\frac{1}{4\pi}\int_{S}\left[\frac{\cos PMO}{|PM|^2}\varphi(M) - \frac{1}{|PM|}\frac{d\varphi(M)}{dn}\right]dM,$$

$\frac{d}{dn}$ indiquant une dérivation suivant la normale intérieure à Σ ou à S.

L'intégrale relative à la surface S

$$f(P) = -\frac{1}{4\pi}\int_{S}\left[\frac{\cos PMO}{|PM|^2}\varphi(M) - \frac{1}{|PM|}\frac{d\varphi(M)}{dn}\right]dM$$

est une fonction de P harmonique dans tout l'espace extérieur à S, et son gradient s'annule comme $\frac{1}{r^2}$.

Notre proposition sera donc établie si nous démontrons que le gradient de $\varphi(P) - f(P)$ est identiquement nul.

Or cette différence $\varphi(P) - f(P) = g(P)$ est représentée par l'intégrale relative à la sphère Σ

$$g(P) = \frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left[\frac{\cos PNO}{|PN|^2}\varphi(N) - \frac{1}{|PN|}\frac{d\varphi(N)}{dn}\right]dN$$

et cette intégrale est une fonction de P harmonique à l'intérieur de la sphère Σ de rayon R. Mais $\varphi(P) - f(P)$ est indépendante de R, par conséquent la fonction $g(P)$ est harmonique pour tout point P à distance finie.

Posons

$$\frac{\partial g}{\partial x} = \alpha.$$

Cette fonction est, comme g, harmonique pour tout point P à distance finie. De plus, elle s'annule en moyenne avec $\frac{1}{r}$, puisque

$$\alpha = \frac{\partial\varphi}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial x}$$

et que chacun de ces deux termes s'annule, au moins en moyenne, avec $\frac{1}{r}$.

La valeur de α en P est exprimée, en fonction de sa valeur sur la sphère Σ de rayon R, par la formule de Poisson

$$\alpha(P) = \frac{1}{4\pi}\int_{\Sigma}\left[\frac{(R^2 - r^2)R}{|PN|^3}\right]\alpha(N)\cdot\frac{dN}{R^2}.$$

Quand R augmente indéfiniment, la quantité entre [ ] reste inférieure en module à un nombre fixe B. Donc

$$|\alpha(P)| < \frac{B}{4\pi}\int_{\Sigma}|\alpha(N)|\cdot\frac{dN}{R^2}.$$

La dernière intégrale tend vers zéro avec $\frac{1}{R}$ puisque nous supposons que $\alpha(N)$ s'annule en moyenne avec $\frac{1}{R}$. Donc on a $\alpha = 0$, et de même pour les deux autres composantes du gradient de $g(P)$. C. Q. F. D.

CHRONOMÉTRIE. — *Enregistrement du temps, en chiffres, au millième de seconde, d'après un pendule entretenu électriquement.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Bigourdan.

Le problème de la lecture du temps indiqué par un pendule libre a très souvent retenu l'attention des physiciens, en particulier celle de Lippmann. La solution envisagée généralement consiste à photographier le pendule à l'instant à chronométrer, en l'éclairant par une étincelle brève.

Il ne suffit pas d'ailleurs d'enregistrer l'*élongation* du pendule : il faut encore déterminer la valeur de l'*amplitude* au moment de l'enregistrement; c'est de la combinaison de ces deux données que l'on déduit la *phase* indicatrice du temps. La réduction des clichés obtenus est donc assez pénible : elle comporte des mesures micrométriques et des calculs qui rendent la méthode lente et impropre à tout service horaire intense. En outre, la précision est très variable selon l'élongation du pendule au moment du top.

Il est cependant très facile de munir le pendule d'un *cadran* et d'une *aiguille* qui respectent ses qualités essentielles de pendule libre, c'est-à-dire n'introduisant que des liaisons électromagnétiques légères, proportionnelles à la vitesse et analogues à celles que lui impose le système d'entretien électrique de Lippmann.

Le dispositif que je décris dans la présente Note peut être monté avec les ressources ordinaires de tout laboratoire; j'en avais commencé la réalisation en 1913, à l'Observatoire de Nice, avec l'approbation de Lippmann, et j'en ai vérifié le fonctionnement. C'est l'application d'un montage déjà employé par Cornu dans ses recherches sur la synchronisation électromagnétique des horloges; il ne présente donc d'autres nouveautés que des dispositions de détails, mais qui me paraissent transformer le montage de Cornu en un véritable *chronographe imprimant de haute précision.*

Le pendule, M, porte donc un aimant, qui plonge dans deux solénoïdes B et B′, dont le circuit est fermé sur un galvanomètre à cadre mobile G.

Un miroir, O, est fixé au pendule, au voisinage de son point de suspension; son rôle est de renvoyer sur le miroir du galvanomètre les rayons lumineux émanant d'un collimateur fixe CL. Quand le pendule oscille, le galvanomètre vibre à l'unisson, et la direction des rayons deux fois réfléchis décrit un *cône elliptique de Lissajous*, lequel peut être réduit à la forme circulaire, ainsi que Cornu l'a montré et réalisé pour la première fois.

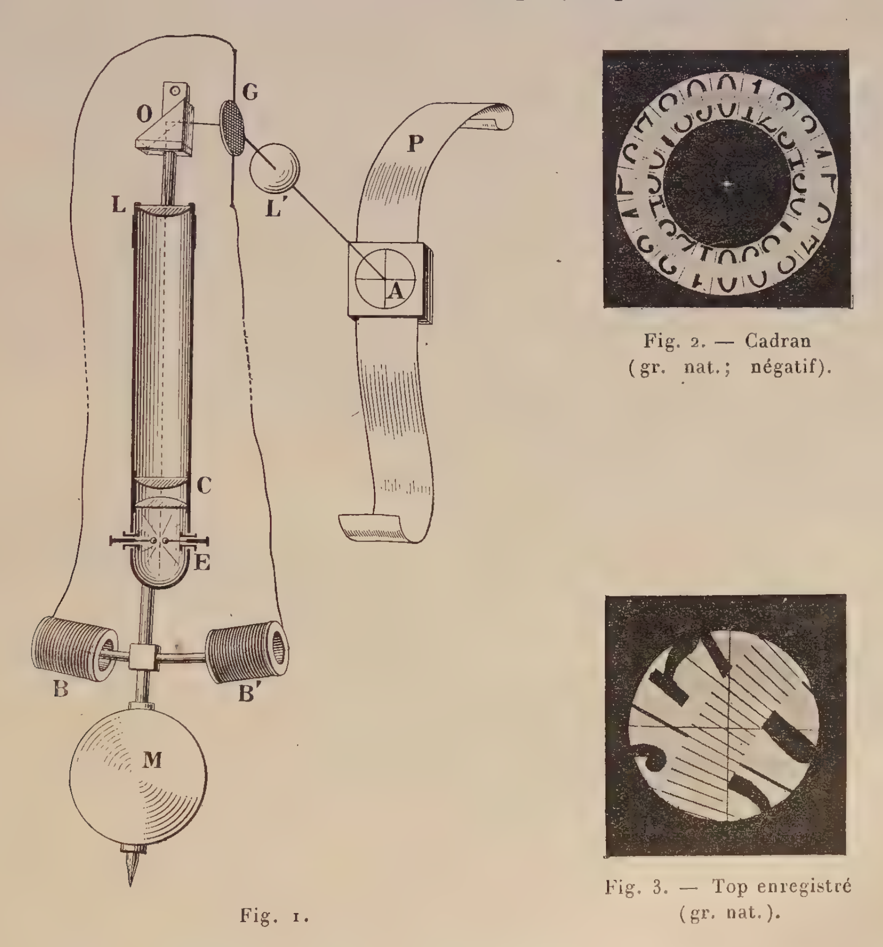


Fig. 1.

Fig. 2. — Cadran (gr. nat.; négatif).

Fig. 3. — Top enregistré (gr. nat.).

La lentille collimatrice, L, a une longueur focale de 40^{cm} environ; dans son plan focal C, sur la face d'émergence d'un condensateur d'éclairage, se trouve le *cadran*, reproduit en vraie grandeur sur la figure 2. Il consiste en une graduation annulaire chiffrée; la circonférence est divisée en 200 par-

ties (pour un pendule battant la double seconde); chaque division représente ainsi $\frac{1}{100}$ de seconde. En E, vers le foyer conjugué du miroir G, se trouve un éclateur à étincelles.

Une lentille fixe, L′, de 160^{cm} de foyer (ou une combinaison optique de même foyer, mais moins encombrante), placée de l'autre côté du miroir du galvanomètre, projette dans un plan A une image amplifiée du cadran. C'est dans ce plan que se déroule, d'un mouvement discontinu, après chaque prise de temps, une bande de papier sensible, ayant la largeur des bandes cinématographiques et perforée de la même manière. Un réticule, A, formé de deux fils fins tendus sur un opercule de $2^{cm},5$ de diamètre, est placé à demeure tout contre le plan du papier : c'est l'*aiguille* du pendule; elle est fixée : ici, c'est le cadran qui tourne.

En effet, quand le système oscille, l'image du cadran qui se forme en A circule dans le champ d'un mouvement de translation circulaire, presque uniforme, et dont le rayon est proportionnel à l'amplitude. Les dimensions du cadran et les pièces optiques sont choisies de manière que ce soit la circonférence moyenne de la couronne graduée qui défile sous le point A, quand le pendule oscille avec son amplitude normale. Si l'amplitude du pendule varie, celle du galvanomètre varie dans le même rapport et le cône de Lissajous reste circulaire. Le centre du cadran s'éloigne ou se rapproche du centre du réticule, mais la phase du mouvement, c'est-à-dire le temps, n'en est pas moins enregistrée correctement.

Cet enregistrement s'obtient en faisant éclater une étincelle en E, soit en appuyant sur un « top », soit en fermant mécaniquement un circuit (contacts d'un micromètre impersonnel, passage d'un projectile dans un réseau de fils, etc.); les dispositions d'usage sont prises pour que l'étincelle éclate à une époque en relation bien déterminée avec celle à enregistrer. La figure 3 est une épreuve de prise de temps représentée en vraie grandeur. On y apprécie le millième de seconde par interpolation à vue; le pendule battant la double seconde, on peut distinguer aisément, par l'orientation des chiffres, entre les secondes paires et les secondes impaires; on lit, par exemple, sur l'épreuve, $1^s,722$.

La division du cadran est faite en parties égales dans l'hypothèse où la courbe de Lissajous est décrite d'un mouvement uniforme, c'est-à-dire quand la différence de phase des mouvements des miroirs est exactement de $\frac{\pi}{2}$, ce qui n'est jamais réalisé, à cause de la self du circuit de synchronisation et du moment d'inertie de l'équipage du galvanomètre. Mais cette hypothèse

est inutile. Au moyen d'un diapason, on fait éclater des étincelles à intervalles de temps égaux et très courts, par exemple à $\frac{1}{1000}$ de seconde, et l'on enregistre photographiquement un cercle ponctué. C'est d'après ce cercle que l'on établit la graduation définitive, qui est alors rigoureuse.

Ce chronographe peut servir à mesurer des intervalles de temps très courts; on n'a absolument rien à craindre de l'inertie des pièces mécaniques. Ce qui peut arriver de plus grave, c'est qu'un top ne vienne à se produire avant que le papier, déclenché par le top précédent, n'ait terminé sa course. Le nouveau top n'en est pas moins enregistré; les empreintes se superposent partiellement, mais restent quand même bien lisibles.

MÉCANIQUE. — *Solution précise au moyen de modèles en papier des problèmes statiquement indéterminés.* Note de M. G.-E. **Beggs**, présentée par M. Mesnager.

On sait combien est fastidieuse et peu précise en général la détermination des réactions subies par une construction quand *le problème n'est pas isostatique*, c'est-à-dire quand les réactions dépendent des déformations. Si, de plus, la section des pièces est variable suivant une loi qui ne soit pas très simple, le problème est pratiquement inabordable. Cependant les constructions les plus économiques sont celles qui comportent des encastrements ou des liaisons surabondantes et dans lesquelles les pièces ont leurs sections, chacune proportionnée aux efforts complexes à équilibrer.

Le théorème de réciprocité de Maxwell permet, en donnant un mouvement arbitraire (translation ou rotation) à une section d'encastrement, de déterminer expérimentalement le coefficient d'influence de ce mouvement sur le déplacement de toute autre section dans un sens quelconque et, par suite, d'en conclure l'influence d'une force agissant dans le sens de ce déplacement sur la réaction ou le moment d'encastrement. De même en coupant les liaisons surabondantes et en donnant des déplacements relatifs aux deux côtés de la section coupée, on peut déterminer l'influence des charges sur ces liaisons. On ramène ainsi la détermination des inconnues à une simple mesure, sur un modèle présentant la similitude mécanique.

Les problèmes à résoudre étant généralement des problèmes plans, il suffit d'un modèle plan.

L'expérience a montré qu'on peut obtenir d'excellents résultats avec des

modèles découpés en papier fort. On produit le très petit mouvement relatif en l'imposant à la section par un appareil très simple (jauge) donnant un mouvement soit normal, soit tangentiel, soit angulaire d'amplitude connue, moitié à droite, moitié à gauche de la position de repos. Les déplacements qui fourniront *la courbe d'influence* sont mesurés avec un microscope dont le plan focal est muni d'un micromètre quadrillé permettant d'évaluer à vue les déplacements dans deux sens rectangulaires à quelques microns près.

La solution étant obtenue et les sections calculées de façon à être proportionnées aux efforts qu'elles auront à supporter, on peut contrôler les résultats, vérifier leur exactitude et les montrer à un auditoire en exécutant un modèle définitif en celluloïd de 2^{mm} d'épaisseur découpé à la scie. On lui suspend des charges de l'ordre de quelques demi-kilogrammes et l'on vérifie que les résultantes ont bien la position précédemment déterminée, en libérant les sections extrêmes de toute liaison, sauf d'une cheville placée en un point de la ligne d'action précédemment obtenue pour cette résultante. Si la détermination est exacte, il ne se produit aucune rotation autour de la cheville.

Cette méthode a été appliquée notamment à la détermination des réactions d'une voûte encastrée dont la courbe moyenne avait été imposée; elle a été utilisée pour l'étude de tuyaux de grands diamètres, de ponts à béquilles, de nefs inégales solidaires à appuis encastrés de hauteurs inégales, de souterrains de métropolitain et de bâtiments en béton armé de formes compliquées.

Pour les ponts en arc, on obtient facilement la courbe intersection des réactions, si pénible à déterminer par les polygones funiculaires. Dans le cas de travées solidaires on a, par un premier tâtonnement, proportionné convenablement les sections et ensuite contrôlé les résultats obtenus avec les sections définitives. On peut notamment tenir compte des goussets placés dans les angles, toutes choses qu'on ne fait pas, en général, par le calcul à cause de l'excessive complication à laquelle on aboutit.

Les erreurs ne paraissent guère dépasser l'ordre du centième, ce qui est grandement suffisant pour la pratique et les différences avec le calcul sont le plus souvent attribuables à l'approximation insuffisante des procédés numériques ou graphiques.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'emploi possible du microphone pour faciliter le vol à voile.* Note de M. Lafay, présentée par M. Hamy.

Au cours d'anciennes recherches sur l'aérodynamique (1909-1913), j'ai eu l'occasion d'utiliser systématiquement un dispositif microphonique pour apprécier le plus ou moins grand degré de régularité du jet d'air projeté par la soufflerie qui servait à mes expériences ([1]). Le microphone employé était constitué par de la poussière de graphite enfermée derrière une membrane flexible qui lui transmettait les variations de pression du vent; les changements correspondants de l'intensité du courant qui traversait l'appareil étaient perçus à l'aide d'un écouteur téléphonique.

Le même dispositif m'a permis d'observer des effets intéressants en logeant le corps du microphone dans l'épaisseur d'une aile dont un élément superficiel dorsal était précisément constitué par la membrane réceptrice.

Les essais effectués sur modèle réduit, en donnant à cet élément une surface d'environ 3^{cm^2}, m'ont montré qu'il y avait généralement avantage à le placer un peu en arrière de la région qui correspond aux dépressions les plus élevées, lorsque l'aile travaille sous l'incidence optimum.

Dans ces conditions, en inclinant l'aile vers l'avant, le choc direct de l'air contre le microphone produit un bruit où l'on distingue nettement les éléments caractéristiques de la turbulence du vent produit par la soufflerie. L'intensité de ce phénomène diminue à mesure que l'on relève l'aile et devient très faible pour l'incidence de vol. Mais, au delà, un accroissement d'inclinaison donne naissance à un nouveau bruit de nature différente dont la sonorité est plus grave. Cet effet résulte de ce que l'augmentation de l'angle d'attaque transporte vers l'avant la région du maximum de dépression et laisse la membrane du microphone pénétrer davantage dans la zone arrière où l'on a, depuis longtemps, constaté des variations rapides de pression.

Si l'on essaie de déduire de ces résultats *obtenus au Laboratoire*, des conséquences utiles à l'aviation, il apparaît comme très probable que l'adaptation du microphone en un point convenablement choisi sur la face dorsale de l'aile d'un avion, permettrait au pilote de percevoir deux phénomènes acoustiques différents, respectivement provoqués par le début d'un vol

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 144.

cabré ou piqué. Ces phénomènes devant également se manifester dans le même ordre au moment de l'entrée dans une colonne d'air ascendante ou descendante, il y aurait certainement avantage, pour la réalisation du vol à voile, à substituer une telle sensation auditive à l'impression, souvent bien vague, de soulèvement ou de chute.

De plus, en utilisant deux microphones symétriquement disposés sur chaque aile, il serait vraisemblablement possible d'acquérir instantanément des indications sur l'orientation des rafales rencontrées par l'avion.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *L'observation des planètes peut-elle fournir des arguments pour ou contre la relativité?* Note de M. **J. Trousset**, présentée par M. B. Baillaud.

Dans une Note des *Comptes rendus* du 5 mars 1923 (p. 666), M. Jean Chazy énonce quatre lois d'attraction, entrant dans le cadre de la mécanique classique, qui conduisent aux mêmes mouvements des périhélies planétaires que la relativité; mais tandis que la relativité n'apporte à la troisième loi de Képler que des modifications qui s'annulent avec l'excentricité, les durées de révolutions T calculées d'après ces lois diffèrent de celles qui correspondent à la loi de Newton, de quantités qui sont de l'ordre de la seconde de temps. M. Chazy pose la question suivante : la précision des observations actuelles permet-elle de constater de telles différences?

Je crois qu'il faut répondre non. En effet :

1° En supposant connues parfaitement les masses du Soleil et de la planète et la constante de la gravitation universelle, on a à vérifier que $\frac{a^3}{T^2}$ a une valeur donnée. Admettons que l'observation de plusieurs révolutions successives permette de connaître parfaitement T (ce qui d'ailleurs n'est pas exact, parce que les perturbations ne sont jamais calculées avec une précision infinie), il reste à savoir si l'on peut déterminer a avec une exactitude suffisante. Or en différentiant la variation $\frac{a^3}{T^2} = \text{const.}$, on voit qu'à une variation $\Delta_2 T$ correspond une variation $\Delta_2 a$ égale à $\frac{2a}{3T} \times \Delta_2 T$; pour $\Delta_2 T = \frac{\varepsilon}{n}$, il vient (voir les notations de M. Chazy) $\Delta a = \frac{2\mu}{V^2} = 3^{\text{km}}$.

Ainsi, pour un T donné, la relativité et la loi II (pour laquelle $\Delta_2 T$ a sa valeur maxima 4ε) donnent pour a une différence $4\frac{2\mu}{V^2} = 12^{\text{km}}$, constante,

à l'excentricité près. Dans le cas le plus favorable (Vénus à sa plus grande élongation), cette longueur est vue de la Terre sous un angle inférieur à 0″,03.

2° Soient deux planètes dont les masses et les durées de révolution sont parfaitement connues. Comme la constante de la gravitation universelle est inconnue, on doit se borner à essayer de discerner si c'est le rapport $\frac{a}{a'}$ ou le rapport $\frac{a+\lambda}{a'+\lambda'}$ qui a une valeur connue, d'ailleurs très voisine de $\left(\frac{T}{T'}\right)^{\frac{2}{3}}$; λ sera de l'ordre de e pour la relativité; et pour la loi II, on aura très sensiblement $\lambda = \lambda' = 12^{\text{km}}$. Or le rapport $\frac{a+\Delta a}{a'}$ devient égal à $\frac{a+\lambda}{a'+\lambda'}$ lorsque $\Delta a = \frac{a'\lambda - a\lambda'}{a'+\lambda'}$, ce qui, pour $\lambda = \lambda' = 12^{\text{km}}$, donne

$$\Delta a = 12\left(1 - \frac{a}{a'}\right),$$

soit 4^{km}, si les deux planètes sont la Terre et Vénus. Cette distance correspond à un angle inférieur à 0″,01.

3° Enfin, les masses de Mercure et Vénus, planètes sans satellites, étant mal connues, les théories des petites planètes, d'Uranus et de Neptune, étant imparfaites, il ne resterait en réalité que quatre planètes, pour lesquelles il faudrait pousser au delà du centième de seconde d'arc l'observation et le calcul; précision que nous sommes encore bien éloignés d'atteindre, même par moyennes et recoupements.

Toutefois, la voie dans laquelle vient de s'engager M. Chazy pourra conduire à d'utiles résultats s'il parvient à mettre en évidence quelque terme analogue à ceux qu'il a signalés et pratiquement plus important. Peut-être alors y aura-t-il lieu d'utiliser les beaux et importants résultats déjà acquis en ce qui concerne la planète Eros.

CALORIMÉTRIE. — *Sur les variations des chaleurs de dissolution avec la température.* Note (¹) de M. **Paul Mondain-Monval**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans les phénomènes de dissolution et liées étroitement à ce changement d'état, les quantités de chaleur dégagées occupent le premier rang : chaleur

(¹) Séance du 19 mars 1923.

de dissolution vulgaire ou en liqueur étendue, chaleur de dissolution « intégrale » ou à saturation, chaleur de dissolution en solution presque saturée, ou « limite » la plus importante au point de vue de la Mécanique chimique, ces grandeurs étant liées entre elles par les chaleurs de dilution et la chaleur d'addition, cette dernière résultant de l'apport d'une petite quantité d'eau dans une masse considérable de solution saturée.

Ces diverses quantités sont fort loin d'être des constantes et varient en particulier avec la température au point de changer de signe. Berthelot et Thomsen avaient déjà constaté cette variation pour les chaleurs de dissolution en liqueur étendue. Depuis, plusieurs auteurs, en particulier Pickering (1) et Levalt-Ezersky (2), ont donné pour quelques sels des mesures précises de ces mêmes quantités dans un intervalle de température assez étendu. On trouve également un certain nombre d'indications sur les variations de la chaleur de dilution notamment dans les récentes recherches de Pratt (3). Mais l'influence de la température sur les chaleurs de dissolution en solution saturée et sur les chaleurs d'addition n'a pas encore été observée systématiquement.

Il m'a paru intéressant de compléter cette étude en déterminant à deux températures distinctes, la température ambiante et celle de fusion de la glace, les diverses quantités de chaleur énumérées plus haut, en choisissant des sels anhydres de solubilités très différentes, comme les nitrates de sodium, de potassium et d'ammonium, les chlorures de potassium et d'ammonium et le sulfate de potassium.

La mesure des chaleurs de dissolution en liqueur diluée et en solution concentrée a été effectuée dans un vase de Dewar, comme je l'ai indiqué dans une Note précédente (4). Les chaleurs de dilution et d'addition ont été également mesurées dans un vase de Dewar cylindrique, à parois argentées d'une capacité de 300^{cm^3}. A l'intérieur était placée une pipette de 10^{cm^3} remplie de la solution à diluer et dont le bec venait plonger dans une large goutte de mercure occupant le fond du Dewar. Celui-ci recevait alors la quantité d'eau exigée pour la dilution. Cette eau entourant entièrement la pipette était agitée par un anneau métallique plat fixé au thermomètre et doué d'un mouvement de va-et-vient vertical. Deux heures suffisaient pour obtenir l'équilibre de température, vu la faible capacité de la pipette. Au bout de ce temps et après observation pendant 10 minutes du thermomètre, on chassait la solution de la pipette au moyen d'air comprimé envoyé par une petite pompe à bicyclette. La marche du

(1) Pickering, *Journal Chem. Soc.*, t. 51, 1887, p. 340.
(2) Levalt-Ezersky, *Journal rus. Phys. Chem. Ges.*, t. 44, p. 671.
(3) Pratt, *J. Frank. Inst.*, t. 185, 1918, p. 663.
(4) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 301.

thermomètre était alors observée encore pendant 10 minutes et l'abaissement de température estimé au centième de degré près.

Dans les Tableaux suivants nous désignons par Q la chaleur de dissolution moléculaire dans une grande quantité d'eau, 100^{mol} à 200^{mol}, par D la chaleur absorbée par la dilution de la solution saturée à la température d'expérience jusqu'à ce que la molécule de sel soit contenue dans cette même quantité d'eau. ε' est la chaleur d'addition d'une molécule d'eau à une grande quantité de solution saturée à t^o, ε une quantité analogue mais correspondant à une masse d'eau capable de dissoudre à saturation, à la température t la molécule du sel.

L_1 représente la chaleur limite de dissolution en solution saturée calculée au moyen de la relation

$$L_1 = Q - D - \varepsilon;$$

L est la même quantité donnée par une légère extrapolation des résultats expérimentaux obtenus par dissolution directe du sel dans des solutions de plus en plus concentrées.

Enfin λ représente cette chaleur limite calculée par extrapolation en admettant une loi linéaire pour la température du point eutectique où le sel et la glace se déposent simultanément, cette donnée étant applicable à des recherches qui seront exposées ultérieurement.

	AzO^3Na.		KCl.	
	0°.	16°.	0°.	18°.
	cal	cal	cal	cal
Q	−5,25	−4,75	−5,01	−4,27
D	−2,57	−2,02	−0,95	−0,59
ε'	−0,115	−0,103	−0,04	−0,038
ε	−0,745	−0,58	−0,57	−0,465
L_1	−1,94	−2,15	−3,49	−3,22
L	−1,97	−2,13	−3,5	−3,25
λ	−1,86 à −18°		−3,65 à −11°	

	$AzO^3 - AzH^4$.		AzH^4Cl.	
	0°.	19°.	0°.	19°.
	cal	cal	cal	cal
Q	−6,48	−6,2	−4,06	−3,84
D	−2,7	−2,5	−0,414	−0,155
ε'	−0,21	−0,26	−0,028	−0,015
ε	−0,79	−0,65	−0,278	−0,123
L_1	−2,99	−3,05	−3,37	−3,56
L	−3,04	−3,06	−3,30	−3,58
λ	−3,0 à −17°		−3,1 à −16°	

	AzO^3K.		SO^4K^2.	
	0°.	18°.	0°.	18°.
	cal	cal	cal	cal
Q...........	−8,8	−8,3	−8,02	−6,4
D...........	−1,47	−1,71	−0,87 (?)	−0,67 (?)
ε′...........	−0,02	−0,05	−0,004 (?)	−0,006 (?)
ε............	−0,87	−1,14	−0,54 (?)	−0,57 (?)
L_1...........	−6,45	−5,45	−6,62 (?)	−5,2 (?)
L...........	−6,4	−5,6	−6,75	−5,9
λ...........	−6,5 à −3°		−6,8 à −1°,55	

Nota. — La précision des données relatives à la dilution des solutions de sulfate de potassium est très incertaine, vu la petitesse des effets thermiques.

On voit que dans les quantités de chaleur mises en jeu aux diverses températures par la dilution des solutions saturées, l'azotate de potasse occupe un groupe à part. Pour ce sel, ces quantités de chaleur croissent avec la température, fait dû très probablement à la très rapide augmentation de sa solubilité en fonction de la même variable.

Les quantités de chaleur limite L et L_1 déterminées par deux méthodes différentes devraient être identiques. Les écarts observés donnent la mesure du degré de précision des résultats.

PHYSIQUE. — *Contribution à la théorie dynamo-cinétique de l'électron et de l'atome.* Note de M. **Th. Tommasina**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans les récents travaux théoriques on constate que le problème de la structure mécanique de l'électron et du noyau, ces constituants de l'atome, est étudié par plusieurs physiciens, sa solution étant considérée comme devant compléter la théorie électronique, qui embrasse désormais et domine toute la physique. Mais les opinions, jusqu'ici, sont très variées et même contradictoires, de façon qu'on a compliqué la théorie au lieu de l'éclaircir; cela montre que des nouveaux apports sont désirables, pouvant aider à résoudre le problème. C'est le but de cette Note. J'ai pensé qu'il fallait aborder l'étude de la constitution de l'électron en admettant, comme postulatum, le principe que l'énergie n'est, en dernière analyse, que la valeur dynamique du mouvement de la matière, qu'elle représente uniquement et complètement. L'énergie est certes indissolublement liée au mouvement matériel, puisque sa transmission n'est que la

transmission du mouvement qu'un mobile fait à un autre mobile. Dans nos appareils de mesure l'énergie agit comme une pression, laquelle, en réalité, si l'on pénètre jusqu'au substratum mécanique ultime, n'est et ne peut être autre chose qu'une très rapide succession de heurts instantanés. Or, les propriétés que nous reconnaissons à l'électron en font un élément physique qualitatif, il est donc évidemment complexe, tandis que le vrai constituant mécanique ultime doit être simple, il doit être un élément exlusivement dynamo-cinétique.

Nous admettons que l'électron est un élément de courant et de charge électrique, et nous lui reconnaissons une propriété de déformation; en lui donc la matière doit se trouver à l'état discontinu, extrêmement divisé, constituant un système tourbillonnaire. En outre, pour la stabilité du système, dont l'élasticité doit être parfaite, il faut que chaque grain de la matière du tourbillon possède, en plus du mouvement de révolution, un mouvement propre de rotation, lequel, d'après les travaux de Poisson et d'autres, suffit pour en faire un élément élastique. Telle serait en dernière analyse l'unique et réelle structure de l'électron, dont les constituants, ces vrais atomes insécables, nous permettent d'envisager, sinon l'essence de la matière, au moins sa manière d'être. Ces grains, qui ne sont pas de simples points matériels mais des mobiles énergétiques indestructibles, étant ce qui existe de plus petit, ont un volume réel, pourtant leur forme et leurs dimensions n'ont aucune importance pour le rôle que nous leur attribuons, lequel n'est que celui d'expliquer mécaniquement les propriétés individuelles et les fonctions physiques de l'électron, précisées par les équations de Lorentz, et d'en faire une entité concrète.

Je propose d'appeler *énergon* ce constituant ultime de la matière, parce qu'il est l'élément énergétique par excellence, le vrai *quantum absolu d'énergie*. En effet, son mouvement étant indestructible, la valeur dynamo-cinétique de l'énergon est invariable. Sans les énergons, l'activité interne de l'électron, comme élément électrique, est non seulement inexplicable, mais mécaniquement inadmissible. Les quanta de Planck sont les quantités minima d'énergie nécessaire pour faire vibrer l'électron dans un rayonnement; cette action étant complexe, il n'est pas permis de voir là des atomes d'énergie, tandis que l'énergon est bien en même temps le quantum insécable d'énergie et l'atome insécable de matière. La récente évolution de la physique impose cette hypothèse comme un complément nécessaire de celle de l'électron, et de celles qui ont trait à la constitution de l'atome pondérable, puisque l'énergon fournit l'élément du noyau atomique.

La vitesse rotative de l'énergon étant la plus grande qui existe et son énergie étant fonction de sa vitesse, il réalise le maximum d'énergie avec le minimum de matière, ce qui fournit l'explication des explosions atomiques des corps radioactifs et de l'immense force intra-atomique qu'admet la physique moderne. L'énergon permet de dévoiler l'énergie de la radioactivité, qui serait attribuable au fait que l'atome des corps radioactifs contient un système instable de noyaux énergoniques, tandis que les atomes des autres corps posséderaient un seul noyau énergonique ou un système stable de noyaux analogue aux étoiles doubles. L'énergon fournit donc une explication mécanique autant des agents physiques que des atomes chimiques, puisqu'il transforme le point matériel, abstraction mathématique, en un élément concret dynamo-cinétique. On se sert couramment de l'expression *structure moléculaire de la matière;* il faudrait dire des corps, la matière, en tant que matière, n'est ni moléculaire, ni atomique, ni électronique, puisque c'est elle qui constitue les molécules, les atomes et les électrons. La structure de la matière nous est inconnue, aussi m'est-il permis de présenter l'énergon comme son constituant ultime.

PHYSIQUE. — *Vitesses critiques des électrons dans le krypton et excitation des spectres de ce gaz.* Note de M. **Georges Déjardin**, transmise par M. Brillouin.

1. Le dispositif de la lampe à trois électrodes a été fréquemment utilisé pour déterminer les vitesses critiques des électrons dans un gaz et pour étudier le développement du spectre d'un gaz ou d'une vapeur métallique sous l'action excitatrice d'électrons de vitesse croissante. J'ai résumé dans quelques Notes précédentes ([1]) les résultats relatifs à l'argon, à l'hélium et à la vapeur de mercure obtenus avec des appareils de ce type.

Dans une étude analogue relative au krypton, j'ai utilisé un appareil plus perfectionné qui m'a permis en outre de préciser les valeurs des potentiels critiques de l'argon obtenues antérieurement.

La source d'électrons est un filament de tungstène incandescent placé à 2^{mm} au-dessus d'un système de trois électrodes parallèles. Ces électrodes sont constituées par deux grilles circulaires en fine toile de platine, distantes

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1347 et 1482; t. 175, 1922, p. 952 et 1203; *Journ. de Phys.*, t. 4, 1923, p. 178 S.

de 8mm, et par un disque de platine de même diamètre, situé à 2mm de la grille inférieure. Elles sont contenues dans un tube de verre de forme appropriée placé entre les pôles d'un aimant puissant, de manière à diriger le flux d'électrons parallèlement à l'axe du système. Une différence de potentiel progressivement croissante est appliquée entre l'extrémité négative du filament et les grilles, réunies extérieurement et délimitant ainsi une région où le champ est sensiblement nul.

Dans une première série d'expériences, une différence de potentiel opposée à la précédente, et lui restant constamment supérieure de 4 ou 6 volts, est appliquée entre les grilles et le disque, de telle sorte que les électrons ne puissent atteindre cette dernière électrode. Un galvanomètre sensible, intercalé dans le circuit grilles-disque, permet de mesurer le courant d'ionisation et d'étudier ses variations.

Dans un second groupe d'observations, les grilles et le disque sont réunies de manière à former une anode unique. Le courant total produit par les électrons est mesuré au moyen d'un milliampèremètre.

Le vide est obtenu à l'aide d'une pompe à diffusion et les gaz occlus sont éliminés par un chauffage prolongé du tube. Des précautions particulières sont prises pour introduire l'argon ou le krypton, purifiés avec le plus grand soin par M. A. Lepape. Deux tubes de forme spéciale, plongés dans de l'air liquide, empêchent la vapeur de mercure de pénétrer dans l'appareil.

L'examen des courbes représentant les variations du courant d'ionisation et du courant total en fonction du potentiel accélérateur des électrons conduit aux résultats suivants :

	Potentiel d'ionisation.	Potentiel d'ionisation double (extraction simultanée de deux électrons périphériques).
Argon	15,2 ± 0,2 volts	34, 0 ± 0,5 volts
Krypton	12,7 ± 0,2 »	28,25 ± 0,5 »

Lorsque la pression est de l'ordre du millimètre, l'ionisation de l'argon peut être observée à partir de 11,5 volts et celle du krypton à partir de 9,8 volts. Ces potentiels, dont la valeur est donnée sous réserves, sont vraisemblablement des potentiels de résonance. L'ionisation observée dans ces conditions est due à des « actions successives » (chocs d'électrons lents et d'atomes anormaux ayant absorbé la radiation de résonance des atomes voisins).

Les potentiels critiques de l'argon sont très sensiblement proportionnels à ceux du krypton. Les rapports des énergies d'ionisation double et simple :

2,24 (argon) et 2,22 (krypton) sont égaux, dans les limites de précision des mesures. Ce résultat met nettement en évidence l'identité de structure des couches périphériques des atomes de ces deux gaz.

II. Le krypton possède, comme l'argon, deux spectres entièrement distincts. Le premier spectre (spectre rouge) comprend un petit nombre de raies, parmi lesquelles les raies jaune et verte bien connues et un groupe de raies intenses dans le bleu. Le second spectre (spectre bleu) renferme un nombre considérable de raies, dont les plus intenses sont situées dans le bleu et le violet. Les conditions d'excitation de ces deux spectres ont été recherchées en analysant, au moyen d'un spectroscope et d'un spectrographe, le rayonnement émis par le gaz pour différentes valeurs du potentiel accélérateur des électrons. La méthode photographique fournit les résultats les plus nets et les plus étendus (entre 3600 et 7200 A.).

Le *premier spectre* apparaît dès le début de l'ionisation, c'est-à-dire à partir de 12,7 ou de 9,8 volts, suivant la pression et l'intensité du flux d'électrons qui traverse le gaz. Une luminosité violacée est tout d'abord faiblement visible entre les grilles; elle devient beaucoup plus intense au moment où le régime d'arc s'établit et envahit alors brusquement la région du tube voisine du filament.

Si la pression est très faible (égale à quelques $\frac{1}{100}$ de millimètre), *certaines raies* du *second spectre* sont visibles sur les clichés à partir de 28,25 volts. Les raies intenses 4293, 4356, 4739 et 4766 apparaissent les premières, mais d'autres raies plus faibles deviennent visibles si l'on augmente le potentiel accélérateur de quelques $\frac{1}{10}$ de volt. L'intensité de toutes les raies précédentes croît régulièrement jusque 32 volts environ et reste ensuite sensiblement constante. Par contre, les raies assez intenses 4057, 4065, 4088, 4109, 4475 et 4577 apparaissent ou sont nettement renforcées vers 31 volts. Enfin, les raies 3742, 3876, 3906, 3918, 4323, 4370 (?), 4490 et 4557 (?) ne sont visibles sur les clichés qu'à partir de 33 ou 34 volts. De simples observations visuelles suffisent pour constater l'apparition du spectre bleu. La luminosité visible entre les électrodes devient d'ailleurs nettement bleue à partir de 30 volts.

Si la pression est égale à quelques $\frac{1}{10}$ de millimètre et le bombardement électronique suffisamment intense, les raies intenses du *second spectre* apparaissent vers 15,5 volts. Ce potentiel est sensiblement égal à la différence des potentiels d'ionisation double et simple; il correspond donc à l'extraction d'un second électron aux ions formés à partir de 12,7 volts.

En résumé, l'excitation de la totalité du premier spectre nécessite l'ioni-

sation de l'atome neutre. Le second spectre, comme le spectre bleu de l'argon, semble constitué par plusieurs groupes de caractère différent. L'émission de nombreuses raies de ce spectre résulte de l'ionisation double des atomes du gaz, mais d'autres raies sont probablement émises par des atomes ayant perdu plus de deux électrons superficiels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations de capacité accompagnant les traitements thermiques des corps creux en acier.* Note (¹) de M. **Albert Portevin**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Les pièces en acier éprouvent, du fait des traitements thermiques (trempe et revenu), des modifications dans leur forme et leurs dimensions; modifications dont les lois générales, bien qu'esquissées qualitativement (²), demanderaient à être étudiées et définies en raison de l'intérêt que présentent ces phénomènes tant au point de vue général qu'à celui de la pratique industrielle.

L'examen de la variation de capacité des corps creux fournit un moyen d'exprimer les résultats par un seul nombre fonction à la fois des dimensions et de la forme; il apparaît par suite comme un procédé de nature à mettre facilement en lumière l'influence de certains facteurs et à renseigner sur leur importance relative.

Les fabrications d'obus explosifs en acier pendant la guerre nous ont procuré l'occasion d'effectuer, de 1915 à 1917, des essais systématiques et de rassembler des données statistiques à ce sujet; la capacité étant par ailleurs une donnée requise en fabrication pour définir certaines cotes d'usinage.

On disposait ainsi de corps creux en acier de même nuance, de dimensions identiques pour un même calibre, et pouvant être considérés, en première approximation, comme de formes géométriquement semblables définies par le diamètre ou calibre. De plus, l'emploi d'appareils de trempe dans lesquels l'obus occupe une position fixe et concentrique par rapport à l'appareil, écarte la préoccupation de l'influence du mode d'introduction de la pièce dans le bain de trempe, facteur malaisé à définir.

(¹) Séance du 19 mars 1923.

(²) Voir A. Portevin, *Considérations générales relativement à nos connaissances concernant la trempe de l'acier et les alliages métalliques* (*Congrès scientifique de Liége*, juin 1922).

On a pu ainsi mettre notamment en évidence l'influence numérique des facteurs suivants : température de trempe, vitesse moyenne de refroidissement, dureté de l'acier, équilibrage de la trempe (rapport entre les trempes interne et externe). A titre d'exemple, voici quelques résultats relatifs à la variation de volume ΔC_t d'obus de 75 trempés à 800° dans le même appareil (acier préalablement recuit, de dureté Brinell = 150) :

		ΔC_t.
		cm³
Trempes simultanées intérieures et extérieures	de 30 secondes de durée.	+4,2
	limitées à 10 secondes...	+5,0
Trempe extérieure seule		+0,8
Trempe intérieure seule		+6,5
Trempe intérieure de deux secondes en avance sur la trempe extérieure		+8,8

Ce dernier résultat est particulièrement intéressant parce qu'il met en évidence l'influence prépondérante des inégalités de température pendant la période initiale de refroidissement ([1]). Par contre, ce décalage des trempes n'a aucun effet sensible sur les tensions internes résiduelles.

Inversement, la réduction de la durée de la trempe, si efficace au point de vue des tensions internes, n'agit que relativement peu sur les variations de capacité ; la même remarque peut être faite en ce qui concerne les trempes effectuées au-dessous de la température de transformation ; voici d'ailleurs quelques résultats concernant l'influence de la température de trempe, les autres conditions expérimentales étant les mêmes que celles relatives aux résultats mentionnés précédemment :

Température de trempe.	ΔC_t.
	cm³
900° trempe intérieure et extérieure	+8,7
825° » »	+4,3
625° » »	−0,6
625° trempe intérieure seule	−1,4

Ces dernières valeurs sont de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales alors que l'on sait que la trempe de l'acier vers 600°-650° provoque des tensions internes notables ([2]).

L'accroissement de la vitesse de refroidissement augmente la variation

---

([1]) L'effet serait inverse si l'on retardait la trempe intérieure par rapport à la trempe extérieure : ce serait le seul moyen de réaliser sûrement les réductions de capacité par voie thermique ; procédé d'ailleurs utilisé pour la trempe des filières usées.

([2]) A. Portevin, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 955.

de capacité, comme on peut le constater en comparant, pour un même calibre, les trempes par aspersion et par immersion ; ceci ressort également des données statistiques d'ensemble relatives aux divers calibres ; voici quelques résultats :

Diamètres (en millimètres)	75	155	220	270
ΔC pour 100 (variation de capacité par trempe suivie de revenu)	0,55	0,33	0,30	0,25
Durée moyenne du refroidissement en secondes.	10	20	25	40

La répétition d'un même traitement provoque une série d'augmentations de volume, croissant linéairement en fonction du nombre des traitements, d'une manière très régulière. Ceci n'est pas dû naturellement à un accroissement général des dimensions du corps creux dans toutes les directions, mais à une déformation que l'on peut caractériser comme étant un acheminement vers la forme sphérique de capacité maximum.

A ce sujet, on peut citer l'exemple frappant de blocs d'acier prismatiques ou cylindriques, qui, après plusieurs centaines de trempes, prennent une forme arrondie au point de se transformer en boules, fait constaté à la manufacture d'armes de Saint-Étienne (¹).

Quant au revenu, son effet se traduit presque toujours par une réduction de capacité qui s'explique par l'accroissement de densité accompagnant la disparition de la martensite.

Les déformations et tensions internes provoquées par la trempe sont des phénomènes qui dépendent des mêmes variables élémentaires, mais qui prennent naissance à des époques différentes du refroidissement ; ils sont dus, tous deux, à l'anisothermie des pièces au cours du refroidissement ; mais les déformations s'effectuent dans la période initiale, tandis que les tensions internes apparaissent dans la période finale ; de sorte que ces phénomènes ne sont pas nécessairement liés entre eux, et que les remèdes à apporter pour en modifier ou en atténuer les effets ne sont pas rigoureusement les mêmes et doivent être judicieusement choisis, suivant le but principal que l'on désire atteindre.

(¹) Un exemple analogue a fait l'objet d'une Communication de M. J.-H. Whiteley à l'Iron and Steel Institute (septembre 1918).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action méthylante et sulfonante du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau.* Note [1] de MM. **L.-J. Simon** et **M. Fréjacques.**

L'action méthylante du sulfate diméthylique sur les phénols a été déjà observée et utilisée; en solution aqueuse alcaline elle s'exprime par la formule

$$R(OH) + SO^4(CH^3)^2 + KOH = R(OCH^3) + SO^4K(CH^3).$$

La réaction est unilatérale et le rendement excellent. Il ne paraît pas qu'on ait étudié l'action directe du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau et d'alcali. C'est cette action que nous avons examinée.

I. Les résultats sont alors tout différents; le phénomène, loin d'être unilatéral, devient fort complexe. C'est qu'intervient ici la sulfonation particulièrement facile des phénols et avec elle la possibilité de voir se juxtaposer l'action méthylante et sulfonante du sulfate diméthylique. *Tout compte fait il semble qu'il y ait au moins huit substances produites.*

Le premier phénomène sensible, lorsqu'on chauffe vers 100°-120° le mélange homogène équimoléculaire de sulfate diméthylique et de phénol, est un dégagement gazeux d'oxyde de méthyle. Ce dégagement se prolonge pendant deux heures; on ne considère cependant la transformation comme terminée qu'après une chauffe plus longue encore.

La production d'anisol $C^6H^5(OCH^3)$, bien qu'au total elle soit très restreinte, doit ensuite être signalée parce qu'elle se manifeste dès le début de l'opération; l'oxyde de méthyle, en se dégageant, entraîne une petite quantité d'anisol dû à la réaction

$$C^6H^5(OH) + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^5(OCH^3) + SO^4H(CH^3).$$

Mais anisol et phénol subissent une autre action, sulfonante celle-ci :

$$C^6H^5(OCH^3) + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^4(OCH^3)SO^3H + CH^3-O-CH^3,$$
$$C^6H^5(OH) + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^4(OH)\ SO^3H + CH^3-O-CH^3.$$

Ce n'est pas tout encore : les deux acides sulfoniques sont eux-mêmes méthylés,

$$C^6H^4(OCH^3)SO^3H + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^4(OCH^3)SO^3CH^3 + SO^4H(CH^3),$$
$$C^6H^4(OH)\ SO^3H + SO^4(CH^3)^2 = C^6H^4(OH)SO^3CH^3 + SO^4H(CH^3).$$

---

[1] Séance du 19 mars 1923.

Un traitement par l'eau complété par une extraction à l'éther sépare les acides sulfoniques des composés éthérés. Ces derniers peuvent, à leur tour, être séparés au moyen de soude, qui laisse l'anisol et s'empare du paraoxysulfonate de méthyle ainsi que d'une trace de phénol. Les acides sulfoniques qui sont restés dissous dans l'eau constituent la partie prépondérante du mélange obtenu d'abord ($0^{mol},60$ pour 1^{mol} de phénol employé); ils sont, naturellement, accompagnés d'acide méthylsulfurique, mais aussi d'une petite quantité d'acide sulfurique, dont on peut les séparer. Il ne reste donc plus qu'à résoudre le mélange d'acides phénol et anisolsulfoniques dans lequel le premier prédomine.

II. En présence de ces résultats il s'imposait de soumettre l'anisol à la même action. Il a donc été préparé par la méthode habituelle de méthylation par le sulfate diméthylique en présence de potasse aqueuse et soumis à l'action du même réactif, employé cette fois seul, en l'absence d'eau et d'alcali. On retrouve les mêmes produits qu'avec le phénol; seule la proportion est changée : la partie prépondérante est toujours le mélange d'acides sulfoniques ($0^{mol},68$ pour 1^{mol} d'anisol employé), mais ici c'est l'acide anisolsulfonique qui domine; dans ce qui passe en solution éthérée on retrouve le mélange des éthers sulfoniques plus riche en anisolsulfonate de méthyle.

	$C^6H^4(OH)SO^3CH^3$.	$C^6H^4(OCH^3)SO^3CH^3$.
1^{mol} de phénol donne	$0^m,16$	$0^m,03$
1^{mol} d'anisol donne	$0^m,03$	$0^m,25$

III. Les choses se répètent avec les crésols; il ne peut être question d'entrer dans le détail des propriétés des substances obtenues.

En se limitant aux éthers précédents, les points de fusion sont :

	Phénol.	Ortho-crésol.	Para-crésol.
Monoéther	95°	93°	70°
Diéther	30°	58°	70°

Ces éthers qui n'étaient pas connus, bien qu'ils aient été recherchés [1], sont des corps magnifiquement cristallisés, insolubles dans l'eau, solubles dans l'éther et les solvants organiques, indistillables sous la pression réduite de la trompe à eau, distillant sans altération sous une pression de 1^{mm} à 2^{mm} entre 150° et 160°.

Le cas des crésols introduit une nouvelle complication avec l'apparition

(1) Ferns et Lapworth, *Chem. Soc.*, t. 101, 1912, p. 273-287.

d'isomères sulfoniques distincts : ce que nous indiquons s'applique au corps prépondérant.

Remarques. — 1° Ces résultats sont valables pour les proportions équimoléculaires des corps réagissants et pour une durée de chauffe assez longue; si l'on emploie un excès de sulfate diméthylique ou si l'on arrête plus tôt l'opération, il faut s'attendre à une répartition différente des nombreux produits formés.

2° Le fait qu'en s'adressant au phénol ou à l'anisol on recueille qualitativement les mêmes substances, suppose une déméthylation partielle de l'anisol ou du sulfoéther résultant de celui-ci. Sans préjuger du mécanisme complet des diverses réactions énumérées plus haut, on peut dire que cette déméthylation participe à la formation de l'oxyde de méthyle dégagé. La proportion de ce gaz est d'ailleurs très notable : $0^{mol},60$ pour 1^{mol} de sulfate diméthylique et correspond à la proportion d'acides sulfoniques recueillis.

3° Les éthers sulfoniques obtenus sont eux-mêmes des agents de méthylation intéressants. Cette propriété a d'ailleurs été reconnue [1] à des corps d'autres types renfermant SO^3CH^3. Si on les traite par une amine primaire il se fait, déjà à froid, plus rapidement vers 80° :

$$R(OH)SO^3CH^3 + 2C^6H^5NH^2 = R(OH)SO^3H.C^6H^5NH^2 + C^6H^5NHCH^3.$$

Cette méthylation a été constatée avec l'aniline, l'ortho et la paratoluidine pour tous les dérivés sulfométhylés des phénols étudiés.

Si on les traite par un phénol, *en présence d'alcalis* — phénol ou orthonitrophénol — on obtient anisol ou orthonitroanisol,

$$R(OCH^3)SO^3CH^3 + C^6H^5OH + KOH = R(OCH^3)SO^3H + C^6H^5(OCH^3).$$

En résumé, l'action du sulfate diméthylique sur les phénols en l'absence d'eau est très différente de celle que l'on connaissait jusqu'ici : elle aboutit à des corps différents à la fois méthylés et sulfonés dont on peut attendre d'utiles services.

---

(1) Földi, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 31, 1922, p. 1570.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle préparation des urées tétrasubstituées.* Note [1] de M. A. MAILHE, transmise par M. Paul Sabatier.

J'ai montré dans un travail antérieur [2] que les formamides des amines phénoliques primaires se décomposent au contact du nickel divisé à une température voisine de 400°, en donnant des urées bisubstituées,

$$CO(NH.C^6R^5)^2,$$

pendant qu'une partie de l'amine était régénérée.

Cette formation a lieu avec départ d'hydrogène et d'oxyde de carbone, selon les réactions suivantes :

$$C^6R^5NHCOH = CO + C^6R^5NH^2,$$
$$C^6R^5NHCOH + C^6R^5NH^2 = CO(NHC^6R^5)^2 + H^2.$$

En même temps, au contact du nickel, l'oxyde de carbone se détruit partiellement en charbon et anhydride carbonique :

$$2CO = C + CO^2.$$

Les formamides de l'aniline et des trois toluidines ont conduit aux urées disubstituées correspondantes.

La formamide de l'*orthoxylidine*, qui fond à 97°, a fourni dans les mêmes conditions que les précédentes, la *diorthoxylylurée* symétrique,

$$CO\left(\underset{(4)}{NH}C^6H^3\underset{(1)(2)}{(CH^3)^2}\right)^2,$$

fondant à 236°.

La formamide de la *méthyl-éthylaniline*,

$$\overset{(1)}{C^6H^3}\overset{(3)}{(CH^3)^2}\overset{(6)}{(NHCOH)},$$

dont le point de fusion est 151°, conduit à la *diméthyléthylphénylurée* symétrique,

$$CO\left(NH.C^6H^3\left\langle{CH^3 \atop C^2H^5}\right.\right)^2$$

fondant à 215°, inconnue jusqu'ici.

J'ai essayé d'appliquer cette nouvelle réaction catalytique à la prépa-

---

(1) Séance du 19 mars 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 35.

ration des urées tétrasubstituées, en partant des *formamides des amides phénoliques secondaires*.

Lorsqu'on chauffe pendant une vingtaine de minutes la *méthylaniline*,

$$C^6H^5NHCH^3,$$

avec de l'acide formique, on obtient la formamide correspondante,

$$C^6H^5N\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ COH\end{matrix}\right.,$$

sous forme d'un liquide jaune très visqueux, bouillant à 286°.

En dirigeant ses vapeurs sur du nickel divisé, chauffé à 380°-400°, elles se décomposent en donnant un gaz qui se dégage d'une manière permanente pendant toute la réaction, et un liquide que l'on condense facilement.

Le gaz a pour composition : CO^2, 26 pour 100; CO, 47 pour 100; H^2, 27 pour 100.

Le liquide soumis à la rectification commence à bouillir à 192°; mais le thermomètre monte rapidement. A partir de 235°, on sépare les produits qui distillent. La température se stabilise finalement à 245°-246° et il passe alors une quantité importante de liquide. Les premières portions, distillant jusqu'à 235°, sont formées surtout par de la méthylaniline; les secondes, bouillant entre 235° et 246°, soumises à l'ébullition avec de la potasse alcoolique, sont changées entièrement en méthylaniline, bouillant à 192°. Elles constituent la *diméthyldiphénylurée* symétrique

$$CO\left(N\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ C^6H^5\end{matrix}\right.\right)^2.$$

On voit que la décomposition de la formamide de la méthylaniline sur nickel se fait d'une manière rigoureusement identique à celle des formamides des amines phénoliques primaires, selon les réactions :

$$C^6H^5N\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ COH\end{matrix}\right. = CO + C^6H^5NHCH^3,$$

$$C^6H^5N\left\langle\begin{matrix}CH^2\\ COH\end{matrix}\right. + C^6H^5NHCH^3 = H^2 + CO\left(N\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ C^6H^5\end{matrix}\right.\right)^2.$$

L'anhydride carbonique que l'on trouve dans les gaz provient du dédoublement de l'oxyde de carbone au contact du nickel : $2CO = CO^2 + C$.

L'*éthylorthotoluidine*

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ NHC^2H^5\end{matrix}\right..$$

fournit, par ébullition avec l'acide formique, la formamide

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ N\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\ COH\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.$$

qui bout à 272°.

Sa décomposition, sur nickel à 410°, produit un gaz : CO^2, 14 pour 100; CO, 52 pour 100; H^2, 82 pour 100; C^2H^4, 2 pour 100, et un liquide, d'où l'on isole d'abord de l'*éthylorthotoluidine* régénérée, bouillant à 207°, puis la *diéthyldiorthocrésylurée* symétrique,

$$CO\left(N\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\ C^6H^4CH^3\end{matrix}\right.\right)^2,$$

bouillant à 258°-260°. Elle ne se modifie pas par un nouveau passage sur nickel à 410°. Il se forme des quantités à peu près identiques d'urée et d'amine. Bouillie avec de la potasse alcoolique, elle se décompose en donnant de l'éthylorthotoluidine.

La formamide de la *métaméthyléthylaniline monoéthylée*

$$C^6H^3\left\{\begin{matrix}CH^3 & (1)\\ C^2H^5 & (3)\\ N\left\langle\begin{matrix}C^2H^5\\ COH\end{matrix}\right. & (6)\end{matrix}\right.$$

fond à 141°. Sa décomposition, sur nickel à 400°, régénère une certaine proportion de méthyléthylaniline éthylée, bouillant à 234°, et il se forme en même temps l'urée tétrasubstituée, inconnue jusqu'ici :

$$CO\left[N\left\langle\begin{matrix}C^2H^5 & & (6)\\ C^6H^3\left\langle\begin{matrix}CH^3\\ C^2H^5\end{matrix}\right. & \begin{matrix}(1)\\ (3)\end{matrix}\end{matrix}\right.\right]^2$$

sous forme d'un liquide jaune, bouillant sans décomposition à 295°.

Ces exemples montrent que l'on peut préparer les urées tétrasubstituées alkylaryliques par catalyse sur nickel des formamides des amines secondaires phénoliques alkylées.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *La dénaturation de l'alcool éthylique.* Note de MM. **F. Bordas** et **F. Touplain**, présentée par M. Daniel Berthelot.

La question de l'adoption d'un carburant national à base d'alcool présente à l'heure actuelle pour notre pays, un haut intérêt économique.

On sait que la plupart des états qui ont établi un impôt sur les alcools de bouche, se sont trouvés dans l'obligation, pour favoriser l'emploi de l'alcool dans l'industrie, de le dénaturer dans des conditions déterminées pour le rendre impropre à la consommation.

Jusqu'ici, l'alcool méthylique a été considéré comme élément fondamental de toute formule de dénaturation. A cet élément on ajoute un certain nombre de corps infectants; le méthylène-régie ainsi obtenu répond à deux conditions indispensables : il supprime toute possibilité de fraude par allongement ou par distillation, à la condition, bien entendu, que les divers éléments entrant dans la composition du dénaturant s'y trouvent en quantités suffisantes.

La mise en usage d'un carburant national à base d'alcool diminuera dans une large mesure nos importations en hydrocarbures tirés du pétrole ou de la distillation de la houille, etc., et nous permettra d'utiliser les 800000 hectolitres d'alcool produits chaque année en France et en grande partie inutilisés.

Cependant, une dénaturation semblable exigerait une proportion correspondante de méthylène-régie, qu'il nous faut acheter à l'étranger à des taux que l'état actuel des changes rend prohibitifs.

Réduire de moitié (5 pour 100 au lieu de 10 pour 100) la dose de méthylène-régie dans l'alcool dénaturé, comme la proposition en a été faite, rendrait la dénaturation insuffisante et cesserait de sauvegarder les intérêts du Trésor.

Placés en présence de ces difficultés d'ordre à la fois technique, économique et fiscal, nous avons recherché un dénaturant offrant une sécurité au moins égale à celle du méthylène-régie actuellement défaillant.

Nous nous sommes donc efforcés de trouver un infectant tenace, difficilement régénérable par distillation, allongement, traitement chimique simple, etc. Il fallait, en outre, obtenir des caractéristiques chimiques suffisamment définies pour permettre de reconnaître tout alcool régénéré après dénaturation.

Nous possédons bien un grand nombre de substances pouvant être employées comme « infectant » et, en particulier, les huiles de distillation des résines, des brais ou des goudrons de bois (substances d'ailleurs utilisées à l'origine de la dénaturation).

Les huiles de ce genre ont en outre l'avantage de posséder un pouvoir calorifique élevé (plus de 10000 calories). Mais, par contre, elles ne présentent pas de caractères chimiques bien constants permettant de les iden-

tifier quand elles se trouvent en dissolution plus ou moins étendue dans l'alcool et le benzol, l'alcool et l'essence, etc.

Nous sommes parvenus à donner à ces produits les caractéristiques qui leur manquent en leur incorporant un « test » donnant la possibilité d'en reconnaître la présence de manière indirecte mais certaine.

Ce test nous a été fourni par les éthers de l'anhydride borique et en particulier par les borates d'éthyle, de méthyle, etc. Il y a lieu de prévoir la formation possible de borates de phényle, utiles dans certains cas.

Le mode de préparation de ces composés du bore est très connu, surtout en ce qui concerne les borates d'éthyle et de méthyle.

La recherche et le dosage de faibles quantités de bore a fait l'objet de nombreux travaux : citons en particulier ceux de MM. Defosse, Cribb et Arnaud et les plus récents de MM. G. Bertrand et Agulhon.

Il existe du reste plusieurs méthodes également sensibles, permettant de déceler et de contrôler en quelque sorte avec la plus grande précision des traces infimes de ces corps.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les cristaux liquides de l'anisal-p-amidoazotoluol.* Note de M. P. Gaubert.

La mesure des indices de réfraction des liquides biréfringents [1], formés par un mélange de substances donnant des cristaux liquides [2] ayant le même signe optique, montre que les propriétés optiques du cristal mixte liquide sont intermédiaires entre celles des cristaux purs, comme s'il s'agissait de mélanges isomorphes de cristaux solides (mélanges de propionate de cholestérine dans le cyanbenzalaminocinnamate d'amyle). La concordance entre les nombres trouvés et calculés est suffisante, si l'on considère qu'on a affaire à des corps altérables. Il n'en est pas de même pour les indices des cristaux obtenus par le mélange de substances donnant des cristaux de signe optique différent.

Les cristaux mixtes ont alors habituellement les caractères des cristaux négatifs, même si la substance donnant des plages homogènes optiquement positives se trouve en très forte proportion. Si les cristaux positifs sont

(1) P. Gaubert, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, t. 36, 1913, p. 74.

(2) Je désigne ainsi les plages homogènes, qui dans ce cas sont perpendiculaires à l'axe optique.

plus réfringents que les cristaux négatifs, la réfringence, la biréfringence, le pouvoir rotatoire s'élèvent; s'ils ont une réfringence égale, les propriétés du cristal négatif changent peu. Exemple : addition d'anisal-*p*-amidoazotuol de *p*-azoxyanisol au cyanbenzalaminocinnamate d'amyle.

Pour interpréter ce fait, j'ai supposé que la substance donnant des cristaux positifs peut aussi présenter une phase optiquement négative avec une biréfringence et un pouvoir rotatoire se rapprochant pour l'anisalaminocinnamate d'éthyle, le *p*-azoxyanisol, etc., du cyanbenzalaminocinnamate d'amyle. Avec cette hypothèse très simple, qui évidemment doit être confirmée par d'autres faits, on peut calculer assez exactement les indices de tous les mélanges et prévoir, par exemple, le fait découvert par M. G. Friedel ([1]) : l'élévation du pouvoir rotatoire de l'acétate de cholestérine à mesure que la quantité de *p*-azoxyanisol sugmente dans le mélange.

Bien que certains corps, comme l'anisalaminocinnamate d'éthyle, donnent des cristaux négatifs, alors même qu'ils contiennent très peu de propionate de cholestérine et qu'on soit tenté à considérer ce mélange comme correspondant à la forme hypothétique, j'ai cherché à provoquer la formation de cette phase instable à l'état pur, en évaporant et en refroidissant rapidement des solutions saturées de cette substance. Tous les corps que j'ai eus à ma disposition ont été essayés et j'ai obtenu fréquemment, à la température ordinaire, les liquides biréfringents déjà connus, mais seul l'anisal-*p*-amidoazotoluol, en dehors de la forme positive, m'a donné un liquide visqueux, pouvant refléter une belle teinte verte, quand on le couvre avec une lamelle et donner une image, en lumière convergente d'un cristal négatif. Le fait a été contesté par M. G. Friedel ([2]) qui suppose que j'ai pris des teintes de lames minces, pour cette phase. La confusion n'est pas possible et, si je l'avais faite, j'aurais trouvé la phase que j'attendais avec presque tous les corps. Il faut reconnaître que cette phase liquide est aussi difficile à obtenir que les sphérolites à enroulement hélicoïdal présentant les propriétés singulières que j'ai déjà décrites ([3]), et qui, eux, sont stables.

M. G. Friedel conteste l'exactitude d'un autre fait que j'ai observé avec l'anisal-*p*-amidoazotoluol. Ce corps offre des phénomènes assez curieux. Fondu sur une lame de verre et refroidi brusquement, il donne le liquide biréfringent bien connu, pouvant se conserver quelque temps; mais si on

---

([1]) G. Friedel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 475.
([2]) G. Friedel, *Annales de Physique*, 9e série, t. 18, 1922, p. 460.
([3]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 355.

le chauffe, il devient isotrope vers 45°. Il fond tout simplement et redonne des cristaux liquides si on le refroidit. Mais si l'on continue à le chauffer, il se solidifie en donnant deux formes solides dont l'une ne fond qu'à 115°. (Il existe une forme, qui est celle du corps commercial, fondant vers 100° en donnant un liquide qui se solidifie aussitôt et reste solide jusqu'à 117°.) Ce qui est extraordinaire c'est que les formes polymorphiques aient des points de fusion si différents et que ce soit la phase liquide anisotrope qui ait le point de fusion le plus bas.

M. G. Friedel a bien constaté l'existence de ce liquide, mais il explique son isotropie apparente en admettant que les plages obscures observées entre les nicols croisés sont uniaxes, positives en lumière convergente et que le phénomène est dû à ce que les molécules du liquide anisotrope se sont orientées de manière que l'axe optique soit perpendiculaire à la lame de verre. Je le considère au contraire comme étant réellement isotrope, car il ne donne aucune image en lumière convergente.

Ce liquide isotrope est très réfringent, son indice est voisin de 1,72; je l'emploie, à cause de cette propriété, pour déterminer des minéraux en examinant les franges de Becke.

En résumé, les deux observations, dont M. G. Friedel conteste l'exactitude, pouvant être vérifiées par qui que ce soit ayant l'habitude des méthodes microscopiques délicates, j'ai cru devoir attirer de nouveau l'attention sur elles, car je maintiens d'une façon formelle les résultats de mes recherches antérieures.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la plaine de Mateur et de ses abords* (*Tunisie*). Note (1) de M. SOLIGNAC, transmise par M. Ch. Depéret.

La plaine de Mateur et la cuvette de la Garaet Achkel (2) qui la prolonge au Nord forment une dépression de 320$^{km^2}$ environ. L'altitude de la plaine alluvionnaire, dont les zones avoisinant la Garaet sont marécageuses, varie de 0^m à 35^m (Sidi Amor). Le niveau des eaux de la Garaet Achkel est celui de la mer; cette cuvette, dans laquelle se déversent l'Oued Sedjenane, l'Oued el Melah, l'Oued Joumine, ne présente qu'une profondeur maxima de 2^m,50; elle communique avec le lac de Bizerte par un émissaire sinueux,

(1) Séance du 29 mars 1923.

(2) Feuilles *Djebel Achkel* et *Mateur* à $\frac{1}{50000}$.

l'Oued Tindja, et joue ainsi le rôle d'un bassin de décantation pour les eaux continentales. En été, l'évaporation tend à produire une dénivellation de la surface libre des eaux de cette dernière, l'équilibre est cependant maintenu, d'une façon continue, par l'afflux de l'eau marine du lac de Bizerte qui remonte l'émissaire et crée, de la sorte, un courant, souvent signalé par les géographes arabes du moyen âge.

Entre la Garaet et la Plaine, sensiblement au centre de la dépression, surgit le chaînon abrupt du Djebel Achkel (508^m) dirigé NNE-SSW. Dans la plaine émergent les deux petits dômes de calcaires maestrichtiens de Ras el Aïn (69^m) et de Mateur (68^m), dont le substratum triasique apparaît sur le flanc NE de la colline qui porte le marabout de Sidi Embarek ez Zidi.

La dépression de la Garaet et de la Plaine est creusée dans la zone des écailles chevauchantes triasiques-sénoniennes-éocènes des plateaux des Hedil et de la bordure méridionale du pays des Mogods.

Malgré la présence d'une série de terrasses quaternaires qui entourent la dépression et qui masquent parfois les terrains sous-jacents, la structure en écailles imbriquées s'observe facilement sur les côtés Nord, Ouest et Sud : le Trias apparaît toujours comme le terme le plus inférieur des séries chevauchantes et ses affleurements, qui se relient évidemment les uns aux autres, sont nombreux et importants : Djebel Beni Aoussine, Djebel Cheniti, Djebel Tarf, Henchir Djalta, Sidi Salem, Henchir Rezala, Henchir Mezakène, Henchir Kaoer Azouz, Henchir Ras er Radjel, Sidi Embarek ez Zidi, Kef en Nesoura, Aïn Semal, Djebel el Hallouf, Djebel Tantna, Djebel Sakkak.

Sur les côtés Nord-Est, Est et Sud-Est, la structure imbriquée n'est plus apparente, et le Trias (sel, marnes bariolées et gypse) se montre seul, recouvert par des assises néogènes dont l'ensemble dessine deux rides anticlinales dirigées NNE-SSW (Djebels Malah-el Messefetine et Djebels Sakkak-Djouma Srira) séparées par deux synclinaux, le Sénonien disparaît complètement et l'Éocène inférieur n'est plus représenté, suivant certaines lignes de contacts anormaux, que par des blocs-klippes peu développés (Djebels Terguellach, el Mehatri Douamis, Kef en Nesoura, Sfaïa).

Au peid des Djebels Berna, Malah, el Messefetine et Chegaga, la bordure de la plaine de Mateur coïncide vraisemblablement avec une faille de direction N-S, longue d'environ 5^{km} et qui tronque l'anticlinal formé par ces reliefs.

Il résulte de tout cela que la Plaine de Mateur et la Garaet Achkel sont entièrement encerclées par des terrains triasiques.

Le Djebel Achkel est un dôme comprenant : (*a*) un noyau très plissé (plis en cascade), visible seulement sur le revers sud et formé de schistes lustrés (avec Bélemnites du groupe de *B. clavatus*, près du sommet de la montagne) de phyllites brunes, de calcaires métamorphiques cristallins gris ou noirs, de quartzites jaunes ; (*b*) une couverture, discordante sur les couches précédentes, de marnes grises, de calcaires dolomitiques et de calcaires marbres, qui n'existe que sur le revers nord et plonge sous la Garaet Achkel. Au Sud, les couches (*a*) plongent sous le marais de la zone d'épandage de l'Oued-Joumine, tandis qu'aux extrémités NE et SW on observe des pendages périclinaux vers le NE et le SW. A la base du revers NE se trouve une faille de direction NE-SW, qui tronque les calcaires dolomitiques de la série (*b*) et fait apparaître un groupe de sources thermales (21° à 30°) faiblement sulfureuses.

Les assises du Djebel Achkel rappellent certaines couches du Lias et du Jurassique d'Algérie, mais leur âge précis demeure incertain par suite de l'insuffisance des matériaux paléontologiques, et il suffit, pour l'instant, de retenir leur âge secondaire et postriasique.

Plongeant de toutes parts sous la bordure triasique de la plaine et de la Garaet, le Djebel Achkel doit être considéré comme appartenant au soubassement de ce Trias qui joue, à son égard, le rôle d'une *carapace* et laisse, dès lors, apercevoir son allure en *nappe de charriage*. L'ensemble de la plaine de Mateur et de la Garaet Achkel forme donc une *fenêtre* dans cette nappe [1].

Ces constatations corroborent, en ce qui concerne l'allure du Trias et l'existence d'un Vindobonien effondré sous les alluvions de la plaine, les observations faites, en 1917, par MM. L. Gentil et L. Jolleaud [2], sur la tectonique de la même région.

D'ailleurs, le substratum de l'Achkel étant lui-même inconnu, il est impossible d'affirmer si la nappe mentionnée est réellement individualisée ou si elle n'est qu'une digitation d'une nappe plus importante.

La terminaison de la masse charriée, au sud, à l'est et au nord-est de la plaine de Mateur se fait, comme dans les régions classiques de nappes écailles (Subcarparthes) par une zone de plis déversés (Trias des Djebels

---

(1) M. P. Termier (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4e série, t. 8, 1908, p. 105-107) a également observé, au nord de Béjà (Henchir Djegaga), le recouvrement de calcaires dolomitiques aptiens par la même nappe triasique. Il y aurait peut-être un rapprochement à faire entre ces calcaires et les calcaires dolomitiques de l'Achkel.

(2) L. Gentil et L. Joleaud, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 365.

Malouia et Hallouf, Tantna, Sakkak déversé sur le Vindobonien de la bordure ouest de la plaine de la Mabtouba), présentant parfois l'allure d'anticlinaux diapyrs [Trias dyapyr de Sidi Dekounia-El Mehalla déversé au Nord-Est sur le Vindobonien de la partie nord de la plaine de la Mabtouba, et déjà signalé par MM. les professeurs L. Mrazec (¹) et M. Dalloni (²), diapyr d'El Alia]. Le long des lignes de contacts anormaux ou de percement, apparaissent des blocs-klippes de calcaires éocènes (généralement glauconieux et même phosphatés avec Polypiers, Gastropodes, dents de Squales) appartenant aux formations qui recouvrent normalement le Trias dans la zone des écailles des Hédils et des Mogods. Telles sont les klippes du Kef en Nesoura, des Djebels Terguellache, El Mehairi, Douamis Sfaia près de Sidi ed Dekounia. Au Djebel Touahène, près d'El Alia, on observe une klippe formée de calcaire sénonien, de marnes suessoniennes et de calcaires et nummulitiques phosphatés.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Contribution à l'étude des parasites atmosphériques.* Note de M. F. **Baldet**, présentée par M. Henri Deslandres.

Les études sur les états orageux faites avec M. Bounhiol, m'ont amené à la recherche de courants induits à *basse fréquence*, d'origine tellurique ou atmosphérique, dans les conducteurs situés près du sol. Ces recherches, commencées à Alger, ont été achevées à l'Observatoire de Meudon.

I. On sait depuis longtemps que les systèmes récepteurs de T. S. F., construits pour recevoir des ondes de haute fréquence, décèlent des ondes « parasites » d'origine atmosphérique, et peut-être aussi tellurique, qu'on ne parvient pas à syntoniser. Le circuit oscillant du récepteur vibre avec sa période propre comme sous l'action d'un choc.

Pour la recherche des courants de basse fréquence faisant l'objet de cette Note, j'ai utilisé un circuit apériodique, sans détecteur et de self assez élevée pour arrêter les courants de haute fréquence. L'appareil est constitué simplement par un cadre carré de 2^m de côté, orientable dans

---

(¹) L. Mrazec, *in litteris*, 1918.

(²) M. Dalloni, *La Géologie du pétrole et la recherche des gisements pétrolifères en Algérie*, Alger, 1922, p. 283.

toutes les directions, recouvert de trois couches de fil de cuivre isolé de $0^{mm},9$ de diamètre; il y a en tout 160 spires; la résistance totale vaut 35 ohms et la self 0,16 henry. Les extrémités du fil sont reliées aux bornes T. P. S. d'un amplificateur à basse fréquence à trois lampes (modèle 3 *ter* de la télégraphie militaire), par conséquent, fonctionnant sans lampe détectrice.

L'observation montre que l'on entend au récepteur téléphonique de l'amplificateur — en outre des ronflements dus aux courants industriels de la contrée — des parasites sous forme de claquements, craquements, bruits de friture, analogues à ceux donnés par un récepteur de T. S. F. au même moment. Avec ce dispositif, seul ou muni d'un détecteur, il est impossible de déceler les ondes émises par les postes même rapprochés comme celui de la Tour Eiffel.

Si l'on relie le cadre à un thermogalvanomètre de Duddell, par l'intermédiaire d'un petit transformateur, et qu'on écoute en même temps au téléphone, on constate que le son de certains bruits de friture devient plus grave, puis s'étouffe et cesse pendant quelques secondes et, cependant, le galvanomètre dévie toujours de la même quantité, mettant ainsi en évidence la présence de courants induits dont la fréquence est parfois si basse qu'elle ne donne plus de son au téléphone.

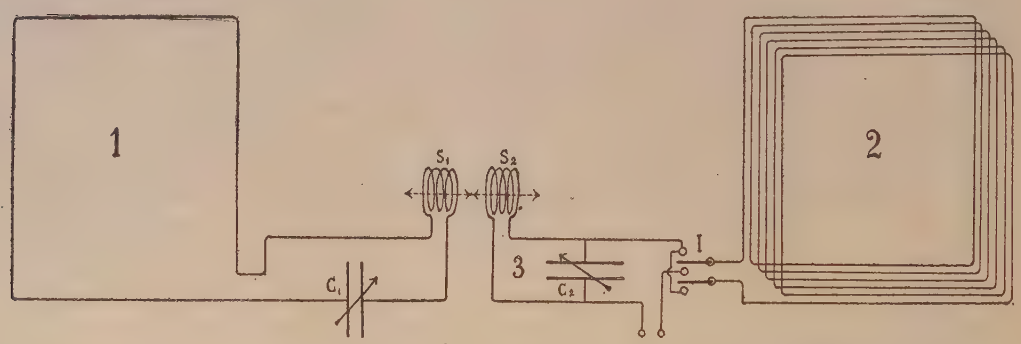
En orientant convenablement le cadre apériodique, les parasites passent par un maximum; le plan du cadre est alors incliné sur l'horizon. On ne trouve aucune position pour laquelle il y ait extinction. En lui ajoutant des capacités et self variables pour le transformer en circuit oscillant de fréquence acoustique, on n'arrive jamais à renforcer le son des parasites.

II. L'élimination des parasites présente une grande importance pratique pour l'avenir des transmissions radiotélégraphiques à grande distance. Voici les résultats d'un essai tenté dans cette voie.

Le cadre apériodique possédant la propriété de recevoir seulement les parasites, je l'ai opposé, comme le montre le schéma ci-après, à un cadre oscillant ordinaire qui reçoit à la fois les parasites et les ondes des stations émettrices.

Les parasites reçus par le cadre 2 ébranlent le circuit oscillant 3 qui vibre alors avec sa période propre. Il reçoit, en même temps, par les selfs de couplage S_1 et S_2, les ondes de T. S. F. et les parasites venant du cadre 1. Un affaiblissement des bruits parasites, sinon leur extinction, pourra se produire lorsque les ondes qui circulent dans le circuit 3 auront même intensité et seront déphasées de 180°. On donne le sens convenable

au courant venant du cadre 2 au moyen du commutateur I; l'intensité, toujours plus forte dans le cadre 1, est réglée par la distance de S_1 et S_2, et la phase convenable obtenue par le jeu des capacités variables C_2 ou C_1. Les appareils récepteurs sont enfermés dans une cage de Faraday. Les deux cadres, situés à quelques mètres l'un de l'autre, sont parallèles. L'amplificateur est à six lampes : trois en haute fréquence, une détectrice, deux en basse fréquence (modèle L_1 de la télégraphie militaire). Une hétérodyne complète l'installation.



1, cadre à 16 spires écartées; 2, cadre à 160 spires serrées (apériodique); 3, circuit de résonance; C_1, C_2, condensateurs variables; S_1, S_2, selfs à couplage variable; I, commutateur; L, amplificateur.

L'expérience montre qu'une fois les réglages effectués, la manœuvre du commutateur I ne fait pas varier l'intensité de la réception d'un poste, mais que les parasites donnant le bruit continu de friture sont affaiblis (environ de moitié). L'affaiblissement est d'autant plus marqué que le nombre de spires utilisées sur le cadre 2 est plus grand. Les 160 spires ont été insuffisantes pour arriver au maximum d'affaiblissement. Les claquements et craquements ne sont pas modifiés.

Ce dispositif permet l'élimination d'un parasite industriel gênant : c'est le bruit intense de friture accompagnant l'émission d'ondes entretenues par l'arc de la Tour Eiffel et qu'on entend sur une gamme étendue de longueurs d'ondes. En opérant comme pour les parasites atmosphériques, on arrive à l'éteindre par simple manœuvre du commutateur I. L'extinction est presque totale lorsqu'on travaille sur des ondes d'environ 6000^m. Elle est un peu moins bonne sur les ondes courtes, par exemple sur 450^m ou 600^m. Là encore, il semble qu'un plus grand nombre de spires au cadre apériodique soit nécessaire. Les essais sur courtes longueurs d'ondes ont été faits en modifiant les selfs S_1 et S_2 et en substituant à l'amplificateur L_1 un amplificateur $L_{2\,bis}$, spécial pour courtes longueurs d'ondes.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le vacuome dans les grains de pollen des Gymnospermes.* Note [1] de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La méthode des colorations vitales, qui a donné lieu déjà à d'importantes recherches chez les Végétaux, n'a pas encore été expérimentée sur les grains de pollen.

Les exemples étudiés ici à l'aide de cette méthode appartiennent aux Taxinées (*Taxus*, *Cephalotaxus*) et aux Cupressinées (*Cupressus*, *Biota*). Dans tous les cas observés, le pollen se montre enveloppé d'une membrane assez épaisse, cutinisée et résistante qui forme la partie périphérique de l'exine; au-dessous se trouve une couche mince non cutinisée qui a la propriété de se gonfler énormément dans l'eau, ce qui provoque la rupture de la coque.

Chez *Taxus baccata*, où le pollen est unicellulaire durant tout l'hiver, depuis la division des cellules mères jusqu'au moment de la maturité complète, on obtient de bonnes colorations vitales par l'emploi du rouge neutre. Un peu avant maturité, au mois de février, le grain de pollen renferme une seule grande vacuole et le noyau est pariétal; puis il se produit un morcellement du vacuome et, lorsque le pollen est mûr, on observe au sein du cytoplasme un très grand nombre de sphérules vacuolaires disposées côte à côte; le noyau a pris alors une position centrale (*fig.* 1).

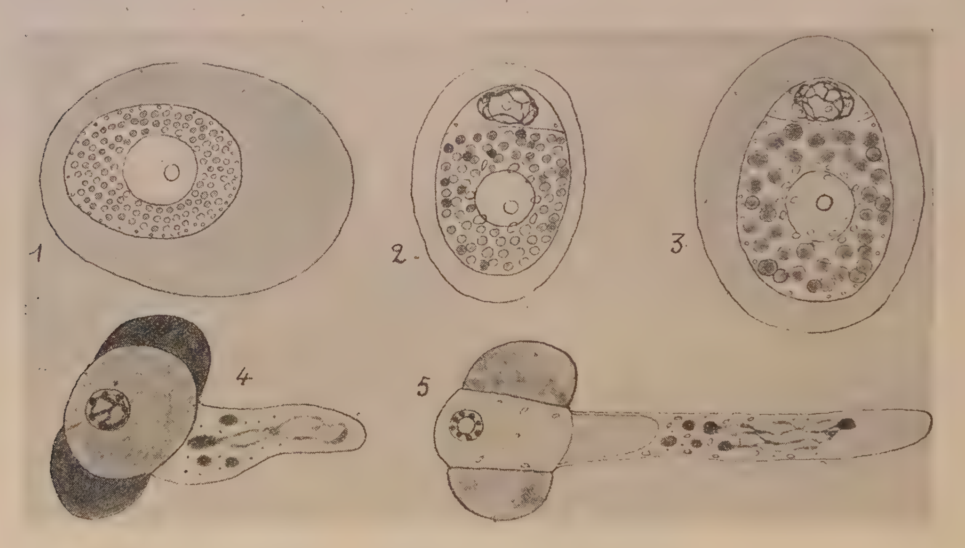
Chez *Cephalotaxus Fortunei*, le pollen est d'abord unicellulaire, comme on peut l'observer durant le mois d'avril : il existe alors un vacuome formé d'un nombre réduit de grosses sphères vacuolaires d'apparence aqueuse, qui fixent électivement le colorant vital. Plus tard se produit une division en deux cellules inégales, qui sont la *cellule végétative* et la *cellule générative*. La première est destinée à fournir au moment de la germination du pollen la cellule du tube pollinique, tandis que la seconde donne naissance, après une première division en *cellule pédicelle* et *cellule anthéridiale*, à deux cellules mâles.

Or, lorsque la cloison mitoyenne s'établit, elle sépare le vacuome en deux parties : l'une, formée d'un petit nombre de sphères vacuolaires, se trouve isolée dans la cellule générative; l'autre partie, de beaucoup la plus considérable, demeure à l'intérieur de la grande cellule végétative.

---

(1) Séance du 19 mars 1923.

A partir de ce moment, le vacuome, jusque-là homogène, va se différencier : dans la grande cellule il demeure sans modifications sensibles. Au contraire, dans la cellule générative, la substance du vacuome prend une consistance épaisse, de sorte qu'elle est malaxée de diverses façons par les mouvements cellulaires, et présente alors des formes de réseaux très modifiables, qui sont parfois très ténus parce que la quantité de matière vacuolaire est faible.



Colorations vitales du pollen (rouge neutre).

Fig. 1. — Pollen mûr de *Taxus baccata*; le grain de pollen est entouré d'une enveloppe mucilagineuse; nombreuses sphérules vacuolaires.

Fig. 2. — Pollen mûr de *Cephalotaxus Fortunei*; amidon autour du noyau; vacuome en sphérules dans la cellule végétative, en réseau dans la cellule générative.

Fig. 3. — Pollen mûr de *Cupressus Lawsonia*; amidon autour du noyau; vacuome en sphérules dans la cellule végétative, en réseau dans la cellule générative; microsomes à la périphérie.

Fig. 4 et 5. — Grains de pollen germés de *Pinus Armandi*. Vacuome en réseau au sein du cytoplasme du tube pollinique, cellule anthéridiale demeurée à l'intérieur du grain.

Figures 1, 2, 3 : Gr. = 800. — Figures 4, 5 : Gr. = 400.

En même temps on observe que la nature chimique du vacuome s'est modifiée, car le suc vacuolaire de la cellule végétative se colore en rose par le rouge neutre, tandis que celui de la cellule générative se teint en rouge orangé, ce qui atteste un caractère légèrement alcalin.

Chez les Cupressinées (*Cupressus*, *Biota*), le pollen mûr est bicellulaire comme chez *Cephalotaxus* et le vacuome présente les mêmes différences suivant qu'il s'agit de la cellule végétative ou de la cellule générative.

Nous avons pu étudier également des germinations de grains de pollen

chez un Pin (*Pinus Armandi*) : Le tube pollinique renferme un vacuome colorable vitalement qui dérive évidemment de celui du grain de pollen mûr; les vacuoles sont tantôt arrondies et alors de grosseur variable, tantôt en forme de réseaux. La cellule anthéridiale demeurée à l'intérieur du grain est visible au travers de la coque et l'on peut discerner soit un cercle de petites vacuoles colorées, soit un réseau entourant son noyau.

Ces recherches ont été complétées par l'examen des constituants cytoplasmiques : alors que les plastes se trouvent répartis en majorité autour du noyau et à son contact et que les sphères vacuolaires occupent une position moyenne au sein du cytoplasme, la zone périphérique du grain de pollen, au voisinage de la membrane, contient ordinairement de nombreux et très petits éléments arrondis ayant les caractères des microsomes.

Le vacuome des grains de pollen chez les Conifères présente un intérêt spécial, car ces éléments ne germent, comme les graines, qu'après une période de repos assez longue qui peut atteindre un an chez certains genres.

La présente Note a montré : 1° que le vacuome des grains de pollen contient, comme celui des graines, une substance en solution colloïdale plus ou moins épaisse qui a le caractère de se colorer vitalement; cette substance a des propriétés à la fois osmotiques et électives; 2° que les vacuoles peuvent se présenter sous des aspects différents : à l'état de sphérules arrondies, ou à l'état de très fins réseaux (cellules germinatives); 3° que la substance contenue dans ces vacuoles a une réaction acide ou légèrement basique; 4° qu'une continuité directe existe, comme dans la germination des graines, entre le vacuome des grains de pollen et celui des boyaux polliniques.

PHYSIOLOGIE. — *Intervention de la rate dans les phénoménes d'adaptation aux changements de salinité.* Note de Mlle **France Gueylard**, présentée par M. Charles Richet.

Des considérations théoriques, qui seront exposées ailleurs par M. P. Portier, nous ont amenée à rechercher si la rate intervenait dans le mécanisme grâce auquel certains poissons supportent le passage, sans transition, de l'eau douce dans l'eau plus ou moins salée.

1° *Rate de l'Épinoche.* — On sait que l'Épinoche (*Gasterosteus aculeatus* var. *leiurus*) est un des poissons qui possèdent cette adaptation. Il nous a

semblé intéressant de comparer la taille de sa rate à celle d'autres poissons non adaptés aux changements de salinité.

Voici les résultats : le poids de la rate fraîche est rapporté à 100g du poids total du poisson ; nos chiffres sont la moyenne d'un grand nombre de déterminations :

Espèces étudiées.	Poids pour 100 de la rate.
Goujon (*Cyprinus gobio*)	0,065
Perche (*Perca fluviatilis*)	0,120
Gardon (*Cyprinus rutilus*)	0,200
Carpe (*Cyprinus carpio*)	0,225
Épinochette (*Gast. pungitius*)	0,270
Épinoche (*Gast. leiurus*)	0,535

On voit donc que l'Épinoche possède une rate beaucoup plus volumineuse, comparativement à son poids, que celle d'autres poissons d'eau douce ne présentant pas la même adaptation.

2° *Action sur la rate des changements de salinité de l'eau ambiante.* — Des Épinoches sont transportées de l'eau de source dans la même eau additionnée de 20g de chlorure de sodium par litre.

On sait que, dans ces conditions, le poisson diminue d'abord de poids, mais qu'il regagne spontanément son poids primitif au bout d'un temps très court (une à deux heures) (1). Voici comment varie le poids de la rate chez les Épinoches ainsi traitées :

Durée du séjour dans le NaCl à 20 pour 1000.	Poids de la rate pour 100.
0 minute	0,535
15 minutes	0,356
2 heures	0,266
24 heures	0,222
3 jours	0,215

Sous l'influence de l'eau salée, la rate diminue rapidement de poids. Le minimum est à peu près obtenu au bout de 24 heures. A ce moment la rate a perdu environ la moitié de son poids.

(1) F. Gueylard et P. Portier, *Variations de poids de l'Épinoche passant d'un milieu dans un autre de salinité différente* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 80, 1917, p. 538), et F. Gueylard, *Variations de poids de l'Épinoche passant de l'eau douce dans des solutions de chlorure de sodium à différentes concentrations* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 87, 1922, p. 969).

Il était nécessaire d'étudier les variations de poids de cet organe pour des concentrations diverses du milieu extérieur. Des Épinoches sont sacrifiées après 24 heures de séjour dans des solutions dont la teneur en chlorure de sodium varie de 0^g à 20^g par litre.

Teneur en chlorure de sodium par litre.	Poids de la rate pour 100.
g	
0	0,535
5	0,475
10	0,300
15	0,230
20	0,222

On voit que la diminution de la rate est d'autant plus accentuée que la concentration en chlorure de sodium est plus élevée; cependant la diminution maxima est atteinte au voisinage de 15 pour 1000 et reste sensiblement la même aux concentrations supérieures.

Signalons enfin qne la rate des poissons qui ont séjourné dans l'eau salée présente un changement d'aspect très frappant. Elle est flasque, sa coloration habituelle rouge brun a fait place à une teinte jaune rougeâtre. Ces différences sont d'autant plus marquées que la concentration saline du milieu d'expérience est plus élevée ou la durée de séjour plus longue.

Les autres organes du poisson ne nous ont pas paru participer aux changements observés dans la rate. C'est ainsi que le foie conserve son apparence normale et qu'il ne subit pas de modifications pondérales importantes; le Tableau suivant donne les moyennes des mesures faites sur cet organe chez des Épinoches ayant vécu plus ou moins longtemps dans l'eau douce additionnée de 20^g de chlorure de sodium par litre :

Durée du séjour dans le NaCl à 20 pour 1000.	Poids du foie pour 100.
0 minute	4,35
15 minutes	4,29
24 heures	4,20

Les variations brusques de salinité du milieu extérieur ont donc une action très particulière sur la rate des Épinoches; à côté de modifications d'aspect nettes, elles abaissent le rapport du poids de cet organe au poids total du corps jusqu'à un minimum très rapidement atteint et dont la valeur est réglée par la plus ou moins haute teneur en sels de l'eau où l'on a fait vivre ces poissons.

PHYSIOLOGIE. — *Imperméabilité à l'urée de divers tissus des poissons Sélaciens.* Note de MM. **Marcel Duval** et **P. Portier**, présentée par M. Charles Richet.

Les poissons Sélaciens possèdent un milieu intérieur dont la pression osmotique est égale ou même légèrement supérieure à celle de l'eau de mer environnante. On sait que ce milieu intérieur renferme une très forte proportion d'urée (environ 20g par litre). Cette substance organique semble donc contribuer pour une large part à l'établissement de la pression osmotique du milieu intérieur; le complément étant fourni par des substances salines.

On a établi d'autre part que l'urée possède la propriété remarquable de pénétrer librement dans la cellule des êtres vivants. Les globules rouges de Mammifères, par exemple, placés dans une solution de chlorure de sodium à 1 pour 100 conservent la même valeur si l'on additionne cette solution de quantités croissantes d'urée. Ils n'accusent pas l'augmentation de pression osmotique du milieu externe comme ils le feraient pour une substance saline; en d'autres termes, l'urée n'a pas d'influence sur la plasmolyse. On a d'ailleurs vérifié qu'elle pénétrait à l'intérieur de la cellule où on la retrouve par des dosages chimiques.

Il semble donc exister une contradiction entre les deux ordres de faits que nous venons de rappeler. On est en effet amené à admettre que, chez le Sélacien, l'accumulation d'urée dans le milieu intérieur est une conséquence de l'imperméabilité, tout au moins relative, pour cette substance, de la branchie, des téguments, et du rein qui séparent le milieu externe du milieu interne.

Nous avons pensé qu'il était possible de soumettre cette conception à une vérification expérimentale.

Les expériences ont été réalisées au Musée océanographique de Monaco sur *Scyllium caniculus*. Elles consistent à remplacer l'eau de mer qui entoure le poisson par une solution d'urée dans l'eau ordinaire.

Les poissons séjournent dans cette solution artificielle un temps suffisant pour que leur réaction osmotique ait le temps de s'accomplir. On les saigne alors, et l'on détermine au moyen du cryoscope la pression osmotique de leur sang. On a déterminé, d'autre part, celle du milieu extérieur. Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

Temps de séjour dans la solution.	Température de congélation de la solution d'urée (milieu extérieur).	Température de congélation du sang du poisson (milieu intérieur).
2 heures 30 minutes	— 0,36	— 1,53
2 heures	— 0,54	— 1,85
2 heures	— 0,81	— 1,60
2 heures	— 1,26	— 1,92
2 heures	— 1,50	— 1,82
3 heures 30 minutes	— 1,95	— 2,14
5 heures 30 minutes	— 2,70	— 2,48

Si l'on veut bien se reporter à un travail antérieur que nous avons publié sur les variations de la pression osmotique du sang des Sélaciens en fonction de la teneur en sels de l'eau de mer ([1]), on verra que, au contact de cette solution d'urée, le poisson modifie la pression osmotique de son milieu intérieur, comme il le ferait, si le milieu externe *ne contenait que des sels*.

D'alleurs, un Scyllium placé dans un liquide composé d'un litre d'eau de mer et d'un litre de solution d'urée de $\Delta = - 2^\circ,02$ (sensiblement isotonique à celle de l'eau de mer), conserve aussi à peu près sa pression osmotique normale ($\Delta = - 2^\circ,01$).

Conclusion. — La branchie et les téguments des Sélaciens semblent bien imperméables à l'urée dans le sens du milieu externe vers le milieu interne, comme ils le sont en sens inverse.

Ces résultats amènent à envisager un nouveau problème. Les globules du sang et, d'une façon plus générale, les cellules des organes internes du Sélacien sont-ils perméables ou imperméables à l'urée? C'est ce que des recherches en cours permettront sans doute de décider.

BIOLOGIE. — *La loi de viviréaction en Biologie et en Pathologie.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Définition. — Sous le nom de « Loi de viviréaction » nous avions exprimé le fait suivant :

« Tout acte pathologique ou physico-chimique qui tend à atténuer les phénomènes d'oxydation organique provoque, par un mécanisme de défense, un accroissement relatif de la ventilation pulmonaire. »

([1]) *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1493.

« Qu'y a-t-il, ajoutions-nous, au fond de cette constatation ? Indubitablement, la présence d'un mécanisme *nerveux* réactionnel ou réflexe. Dans le monde végétal, la réaction est protoplasmique, à effets limités et faiblement défensifs » (1).

Démonstration. — Donnons d'abord une démonstration nette de cette loi.

1° Un homme respire de l'air confiné, provenant d'un gazomètre, et dans lequel on a titré 3 à 5 pour 100 de *gaz carbonique*.

Suivant le titre employé, la ventilation des poumons s'est élevée de 20 à 40 pour 100. Ce plus grand volume d'air permet au sang de prélever, *autant que possible*, la quantité d'oxygène nécessaire à l'hématose.

2° Une circonstance où les oxydations sont menacées est celle de la respiration aux hautes altitudes. A ce niveau, en effet, le titre de l'oxygène est affaibli, et l'on constate, de même, une *augmentation de la ventilation*. Le séjour en montagne finit, à la longue, par régulariser ce mécanisme compensateur en multipliant les globules rouges du sang, chargés de véhiculer l'oxygène.

Double résultat que l'on a aussi observé chez les aviateurs, à condition qu'ils aient effectué plus de trois mois de vol (Kaulen).

Nous allons, maintenant, établir la généralité de la loi de viviréaction en Biologie et en Pathologie.

Le domaine biologique de la viviréaction. — Le mécanisme qui provoque l'accroissement de ventilation tend à garantir aux organismes la masse d'oxygène qui leur est nécessaire. En est-il ainsi pour toute cellule, végétale ou animale, on bien *le système nerveux est-il indispensable à la réaction ?*

Il est facile de répondre.

L'oxydation intra-organique est une opération vitale commune aux plantes et aux animaux; elle affecte tout protoplasma. Et le facteur physique qui en augmente l'intensité, c'est la *température*. Elle le fait jusqu'à un maximum, celui que présentent, précisément, l'homme et les animaux *homéothermes*, soit 37° à 40°. Une température aussi élevée répond à la nature et à la vitesse des opérations physiologiques des animaux supérieurs. Ils s'efforcent de la maintenir constante en dépit du milieu extérieur (froid ou chaud) et de la contraction musculaire.

Un tel réglage est l'œuvre du système nerveux. Il ne peut le faire qu'en

---

(1) Jules Amar, *Les lois scientifiques de l'éducation respiratoire*, p. 56-57, Paris, 1920 (chez Dunod).

élevant ou abaissant l'intensité des combustions cellulaires, et leur pouvoir thermogénétique. Il amplifie ou réduit la ventilation pulmonaire. Autant dire que, pour atteindre au même résultat, la vivіréaction implique la présence et l'intégrité des centres nerveux. Et, naturellement, elle ne saurait exister chez le végétal, ni sensiblement chez l'animal *hétérotherme*, la grenouille par exemple. En définitive, on peut conclure ceci :

La viviréaction est un mécanisme nerveux de défense de la combustion cellulaire, remarquable surtout chez les animaux à température constante.

Les faits ci-dessus, et d'autres que nous verrons, établissent que la défense a lieu contre tout agent susceptible d'atténuer la fixation d'oxygène, ou se comportant en *réducteur.*

Les « anti-oxygènes » de MM. Moureu et Dufraisse. — Or l'essence de la vie est une oxydation; les quelques phénomènes de réduction, observés par les auteurs, sont étrangers aux *tissus énergétiques* : sang, muscles, nerfs; ils interviennent comme neutralisants des toxines ou modérateurs. Ainsi la fonction réductrice de *l'adrénaline* est subordonnée à sa fonction antitoxique, et ne saurait nous faire illusion. La vie est *incompatible* avec l'existence d'agents désoxydants, ou mieux *anti-oxydants.*

Dans une intéressante série de recherches, MM. Moureu et Dufraisse définissent le caractère de ces agents qu'ils nomment : les « anti-oxygènes » ([1]).

Ces savants établissent que la pyrocatéchine, l'hydroquinone, etc., entravent l'oxydation par l'oxygène libre d'un grand nombre de substances (aldéhydes, essence de térébenthine, etc.) et ils attribuent cette propriété à la fonction phénol. Par une série méthodique d'expériences, ils sont conduits à voir dans cette action un *phénomène catalytique*, disons un *effet de surface.*

Je ne retiendrai que les considérations biologiques de leur étude. MM. Moureu et Dufraisse signalent que les *tannins* se rencontrent chez les plantes, et ce sont des substances phénolées, des « ralentisseurs » de la combustion vitale. Fait qui s'explique par l'absence de viviréaction, et le caractère *purement protoplasmique* des oxydations de la cellule végétale. En elles peuvent s'accumuler les anti-oxygènes, parce qu'ils ne gênent pas ses opérations physiologiques; il n'y a point de réglage de température. Même

---

([1]) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 258; t. 175, 1922, p. 193; t. 176, 1923, p. 624.

les *alcaloïdes* les plus toxiques ne la troublent aucunement : atropine, conicine, morphine, cocaïne, strychnine, etc.

Certains de ces alcaloïdes ont un effet *anesthésique* connu. Or, le gaz carbonique, que nous avons vu provoquer la viviréaction, est également un anesthésique (Paul Bert). « Il est à croire, observions-nous à propos de l'air confiné, que l'anesthésie n'est rien d'autre que l'inhibition, ou simplement le ralentissement des oxydations cellulaires. » (*Loc. cit.*). Examinant, à ce point de vue, les *toxines de la cellule*, les *poisons microbiens*, les *venins*, les *alcools*, on leur trouve à tous ce pouvoir anti-oxygène et anesthésique. Il s'ensuit que tous provoquent, dans l'organisme animal, la viviréaction défensive, mais non dans celui du végétal.

Chez les homéothermes, les globules du sang ont un rôle physique, celui de *vecteurs d'oxygène*, et seule l'influence nerveuse augmente ou diminue l'intensité des combustions. Lorsque, à l'exemple de MM. Moureu et Dufraisse, on isole le sang de cette influence, et qu'on le soumet aux anti-oxygènes, sa capacité respiratoire ne peut donc pas en être affectée ; c'est la capacité respiratoire protoplasmique dont nous savons qu'elle n'est pas modifiable par les anesthésiques (cas des végétaux, des animaux hétérothermes.)

Les deux savants chimistes l'ont en effet parfaitement reconnu.

Tout au contraire, si le sang circulant d'un homéotherme est en proie à l'asphyxie, s'il ne reçoit pas assez d'oxygène à cause d'un séjour prolongé en haute montagne, il éprouve assez vite, grâce à la viviréaction, une transformation cytoplastique : les globules deviennent, comme on l'a dit, plus petits et plus nombreux, offrant à l'oxygène de l'air extérieur une *surface de transport* croissante.

Et nous concluons qu'au point de vue biologique, la loi de viviréaction gouverne et défend l'organisme des animaux supérieurs.

HÉMATOLOGIE. — *Sur la différenciation spécifique de la cellule hématique chez les Métazoaires.* Note de M. **L.-M. Betances**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons constaté [1] que les diverses formes de la chromatine de la cellule hématique des Métazoaires ne sont pas caractéristiques ni des cellules

(1) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p 1002 ; t. 176, 1923, p. 265.

myéloïdes, ni des cellules lymphoïdes ou histioïdes. On peut uniquement reconnaître d'après ces formes une cellule jeune et non différenciée (lorsque le noyau est en repos ou en voie d'accroissement ou de division), ou bien une cellule mûre et tendant vers la sénescence (lorsque le noyau est en voie de chromatorrhexis, de chromatolyse ou de pycnose), mais pas autre chose. On trouve des formes intermédiares, stades transitoires du noyau, lors de la différenciation ontogénétique et spécifique de la cellule ou pendant les états pathologiques. Lorsque l'on veut distinguer les espèces cellulaires sanguines, leur morphogenèse et leur origine, il faut tenir compte de l'ensemble des caractères (habitus, structure totale nucléaire et cytoplasmique) obtenus seulement au moyen des méthodes panoptiques. On connaît les différentes espèces et variétés de cellules hématiques chez les Vertébrés, mais étant donné qu'il existe les mêmes espèces chez les Invertébrés, il faut que la différenciation spécifique ou phylétique de cette cellule consiste en l'apparition dans son cytoplasme d'un produit déjà granuleux, de forme variable ou amorphe. Nous avons constaté d'autre part des faits venant confirmer ou infirmer ceux déjà vus par Cuénot et Kollmann :

1° La granulation neutrophile ou ε d'Ehrlich de l'Homme ne se trouve que chez certaines espèces de Mammifères, chez les Batraciens, chez un certain nombre de Poissons et de rares Tuniciers. Chez ces animaux la granulation est soluble dans l'eau, les acides et les alcalis étendus. Mais certains caractères morphologiques la différencient parmi les différentes classes. Chez les Mammifères, les granulations ne sont pas uniformes ni de même grandeur; chez les Batraciens et la plupart des Poissons, c'est une fine poussière presque homogène ; chez la *Clavellina* elle est plus grossière que chez les Poissons. Chez les Mammifères elle est basoérythrophile, non basocyanophile ni oxyphile à l'état mûr; chez les autres animaux, elle est basocyanophile, mais très faiblement.

2° La granulation monooxyphile ou α d'Ehrlich ne se trouve que chez les Mammifères avec ses mêmes caractères d'insolubilité et de forme; chez quelques types seulement, elle est volumineuse et quelque peu moins résistante aux solvants. Chez de rares Invertébrés on trouve des granulations semblables, différant par leur manque de monooxyphilie ou par un moindre degré de résistance. Elle n'est pas constante chez tous les Poissons; un peu moins résistante que chez les Mammifères, chez les Batraciens, les Reptiles et les Oiseaux, variant de forme chez certaines espèces de ces deux dernières classes.

3° La granulation monobasophile ou γ d'Ehrlich se trouve chez la plupart

des Invertébrés et chez tous les Vertébrés avec les mêmes caractères morphologiques de chromatophilie et de solubilité. Parmi les divers animaux, il n'y a de différence que dans leur nombre. Rares ou exceptionnelles chez certaines espèces d'Invertébrés et chez les Poissons, elles sont abondantes chez les Batraciens, très abondantes chez les Reptiles, les Oiseaux et certains Mammifères, peu abondantes chez l'Homme.

4° La granulation amphophile ou β d'Erlich se trouve chez la généralité des Invertébrés et des Vertébrés inférieurs et chez certains Mammifères, avec un degré à peu près égal de solubilité dans les solutions alcalines. A remarquer que chez les Mammifères elle est toujours en forme de cristalloïde, tandis qu'ailleurs elle peut aussi être ronde et de différentes grandeurs. Chez les Vertébrés, elle est amphooxyphile et légèrement basoérythrophyle; chez les Invertébrés, elle est amphooxyphile et légèrement cyanophile.

5° L'hémoglobine ne se trouve que chez les Vertébrés et quelques rares Invertébrés; l'hémérythrine ne se trouve que chez certains Géphyriens. Ces deux substances ont le même degré de solubilité et la même chromophilie.

L'hémocyanine cellulaire de même que l'échinochrome ne se trouvent que dans un nombre réduit d'Invertébrés, mais se rapprochent par la chromophilie des substances précédentes [1]. On voit d'après ces faits que les produits morphologiques représentent une fonction cellulaire et servent à caractériser les espèces et variétés de cellules hématiques : ils sont moins constants et variés chez les Invertébrés que chez les Vertébrés inférieurs et beaucoup moins que chez les Mammifères. Le produit neutrophile des Vertébrés inférieurs diffère de celui des Mammifères par sa forme. Le monooxyphile est toujours basophile au début de sa formation, mais celui des Invertébrés et des Vertébrés inférieurs est moins résistant aux solvants

---

[1] Bien que les lymphocytes et les monocytes doivent être rangés en espèces lymphocytaires et monocytaires, nous considérons ces cellules comme des formes de différenciation ontogénique, sans différenciation granulocytaire ou érythrocytaire. Elle est normale quant aux lymphocytes, mais obéit à des causes que nous ne pouvons pas expliquer ici pour les monocytes. Les cellules de Türk, les dismorphocaryocytes Pittaluga), les Plasmazellen, les mégacaryocytes ne caractérisent pas des espèces mais des états, soit pathologiques, soit de division ou de différenciation aberrants. La granulation improprement dite azurophile n'est pas une granulation spécifique, elle se trouve chez tous les animaux. Ne pas oublier que nous avons démontré récemment (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 609) que ces granulations sont basoérythrophiles; elles se colorent nettement par la pyronine ou par la safranine.

ou moins monooxyphile. L'hémoglobine et l'hémérythrine sont amphophiles, mais surtout basophiles au début de leur formation et surtout oxyphiles une fois coustituées bien que toujours amphophiles. Le produit monobasophile est identique chez tous les animaux. Le produit amphophile des Invertébrés varie de forme selon les types, surtout amphooxyphile une fois constitué, il est toujours basophile comme au début de sa formation; chez les Vertébrés il est oxyphile au début et point cyanophile.

Il n'y a donc pas une relation définie et intime entre les variétés de la cellule sanguine et l'espèce animale; il n'existe pas davantage un rapport étroit entre le milieu et la variété du produit de différenciation, pas plus qu'entre la fonction et la forme du produit (M. Prenant pour les Plathelminthes), ni entre la chromophilie et sa constitution chimique (Kollmann pour les granulations oxyphiles). La monobasophilie et la monooxyphilie sont *irréversibles*. La neutrophilie et l'amphophilie le sont aussi car le fait qu'un substratum amphophile se colore par les colorants acides ou bien par les colorants basiques, ne veut pas dire qu'il est réversible dans le sens que nous voulons lui donner, c'est-à-dire qu'il reste toujours amphophile. Les cellules qui les contiennent sont *indédifférenciables*. Nous constatons cependant que les produits oxyphiles granuleux et amorphes sont chez tous les animaux où ils existent d'abord basophiles et finalement oxyphiles; il y a donc une ontogenèse de chromatophilie qui peut être liée à une ontogenèse chimique des produits, bien qu'ils ne soient pas les mêmes; le monooxyphile est en effet seulement soluble au début de sa formation. Le produit amphophile, et surtout amphooxyphile, se trouve chez les Invertébrés, moins souvent chez les Vertébrés inférieurs et seulement chez quelques Mammifères, chez qui il n'est pas cyanophile. Nous nous demandons donc si malgré les interruptions qui se constatent dans la phylogenèse des espèces, il n'y aurait pas aussi une phylogenèse des composés chimiques qui constituent d'abord le produit amphophile et ensuite le monooxyphile. Il paraît en tout cas évident que seule la loi de la répartition du travail ou le *besoin* peuvent expliquer la différenciation spécifique de la cellule hématique chez les Métazoaires bien que certains exemples l'infirment.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la nutrition des Infusoires.* Note de M. ANDRÉ LWOFF, présentée par M. F. Mesnil.

Il était de notion courante, jusqu'aux travaux d'Oehler (1), que les Ciliés ne se nourrissent que de bactéries vivantes. Oehler a montré que l'on pouvait entretenir indéfiniment des Colpodes en culture pure, c'est-à-dire en l'absence d'autres organismes vivants, en les nourrissant de bactéries tuées par la chaleur (en particulier *Bacterium coli*). Mais il a montré que ces infusoires pouvaient utiliser aussi des albumines animales préparées d'une manière telle qu'elles se présentent sous forme de granules de la taille des bactéries (par exemple, muscle de poisson bouilli puis pulvérisé, en suspension dans l'eau). Oehler n'a cependant jamais réussi à obtenir des cultures dans des milieux où l'aliment des infusoires était représenté par des subtances dissoutes : eau peptonée glucosée, eau de condensation de la gélose-bouillon, etc., et il en conclut que les infusoires ne peuvent pas utiliser les substances dissoutes.

Or Peters (2), dans un récent Mémoire, dit avoir entretenu pendant plusieurs mois des cultures de *Colpidium Colpoda* en milieu minéral où il leur fournissait comme unique source d'azote du glycérophosphate d'ammonium. Oehler a essayé dans le milieu de Peters la culture de Colpodes, mais sans résultat. Nous avons même essayé à maintes reprises, également sans résultat, de cultiver dans ce milieu *Colpidium Colpoda*, qui fit l'objet du travail de Peters. Doit-on conclure, avec Oehler qui trouve les épreuves de stérilité effectuées par Peters insuffisantes, que les cultures de ce dernier étaient impures ? Oehler, ayant constaté que la nutrition particulaire était seule capable d'entretenir la vie des Colpodes, tire de ce fait isolé des conclusions qu'il prétend appliquer à tous les infusoires. Nous allons voir que, si nous n'avons pu réussir à cultiver des Colpidies en milieu de Peters, nous avons pu les nourrir dans d'autres milieux où elles utilisaient des substances dissoutes, et nous pensons qu'il peut exister, entre des races de Colpidies morphologiquement identiques, des différences physiologiques assez considérables, et que si les uns (Colpidies de Peters) peuvent se multiplier en milieu chimiquement défini, d'autres ne peuvent utiliser que des

(1) OEHLER, *Archiv für Protist.*, t. 40, 1919, p. 16.

(2) PETERS, *Journal of Physiol.*, t. 55, 1922, p. 1.

substances albuminoïdes complexes qu'il ne nous a pas encore été possible de définir exactement.

Nos expériences ont porté sur des *Colpidium Colpoda* isolés d'une infusion de foin.

Un infusoire est transporté dans un milieu constitué par une émulsion de *Bacterium coli* dans de l'eau de robinet stérilisée. Après quelques jours, culture riche en infusoires. Un de ces infusoires est alors isolé et lavé de la manière suivante.

On prépare une émulsion de *B. coli* en eau de robinet que l'on stérilise par chauffage (1 heure à 60°). Quelques gouttes de cette émulsion sont déposées sur des lames creuses stérilisées dans des boîtes de Petri. On transporte l'infusoire dans une de ces boîtes où il séjourne 10 minutes. Il est ensuite pêché sous le microscope binoculaire avec une pipette capillaire stérilisée et reporté dans une autre boîte où il séjourne également 10 minutes. Après 8 passages, si les manipulations ont été effectuées rapidement et correctement, l'infusoire est stérile et peut être porté dans un tube contenant une émulsion de *B. coli* en eau de robinet. En quelques jours, on a une culture d'infusoires qui peuvent être repiqués sur différents milieux de culture ou d'épreuve.

Un milieu excellent est constitué par du bouillon peptoné dilué au tiers (eau distillée 2^{vol}, bouillon 1^{vol}; *p*H 7,2 environ). Les infusoires vivent et se multiplient activement dans ce milieu et restent vivants plus de trois mois dans un même tube. On peut ensuite, en ajoutant peu à peu du bouillon peptoné au bouillon dilué, arriver à faire vivre les Colpidies dans le bouillon contenant 8 pour 100 de chlorure de sodium. (L'addition de liquide d'ascite au bouillon favorise la culture; on peut également nourrir les Ciliés avec des hématies de lapin). Il est certain que, dans le bouillon, les infusoires se nourrissent aux dépens des substances dissoutes dans le milieu de culture, car ils ne renferment jamais de vacuoles digestives (si nombreuses chez les Colpidies nourries de bactéries vivantes ou mortes ou d'hématies de lapin). Si les infusoires se nourrissent réellement de substances dissoutes, ils doivent pouvoir, comme les flagellés en culture pure, former des colonies sur gélose.

C'est justement ce que nous avons constaté : Les Colpidies, qui poussent abondamment dans l'eau de condensation de la gélose bouillon ascite et de la gélose bouillon ordinaire des bactériologistes, forment, en deux ou trois jours, des colonies sur la partie solide de ces milieux (petites colonies transparentes). Ces colonies sont constituées par des infusoires dont la forme générale et la structure de l'appareil buccal sont très modifiées (nous reviendrons ultérieurement sur ces modifications) et dont le cytoplasme ne renferme aucune inclusion étrangère. (Il s'agit bien entendu toujours de cultures pures d'infusoires.)

Il est évident que, dans ces conditions, la nutrition des Ciliés se fait uniquement aux dépens de substances dissoutes. Quelle est la voie d'absorption de ces substances? Nous pensons, sans pouvoir en fournir de preuves, que l'absorption se fait par la voie ectoplasmique et que la nutrition est purement osmotique. La nutrition osmotique est d'ailleurs la seule qui existe chez les infusoires astomes, aussi bien chez les endoparasites, placés évidemment dans des conditions particulières, que chez les phorétiques, *Sphenophrya*, *Pelecyophrya*, qui, ainsi que nous l'avons montré avec M. Chatton, se nourrissent uniquement aux dépens des substances dissoutes dans de l'eau de mer baignant la cavité palléale des mollusques infectés.

Il semble donc que, quoique dans les conditions naturelles, la nutrition des infusoires libres soit purement phagocytaire, on puisse, en leur fournissant un milieu convenable, arriver à nourrir certains d'entre eux de substances dissoutes.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la double périodicité cyclique de la zone de division chez un Cilié*, Colpidium colpoda, *mise en évidence par la réversion de la scission*. Note de MM. **Boris Ephrussi** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note récente, E. Chatton (¹) montrait que l'on pouvait obtenir expérimentalement des infusoires à deux bouches de la manière suivante. Des *Glaucoma scintillans* en division sont portés, d'une décoction de foin dans l'eau distillée, dans une solution hypertonique de bromure de sodium et reportés ensuite dans le milieu de culture. Dans ces conditions, les *Glaucoma* deviennent doubles par suite de la refonte des individus en division (les deux bouches de l'individu double sont situées sur le même parallèle). Ces individus se multiplient indéfiniment par scissiparité et, quoique un certain nombre d'entre eux reviennent à l'état normal, on peut, en repiquant la culture avec des individus distomes, conserver cette race de diplozoaires.

On sait d'autre part, depuis les travaux de Calkins (²), qu'il existe chez *Paramœcium* une zone de division, revue par Lewis chez ce même infusoire et retrouvée par Young (³) chez *Uronychia*.

(¹) E. Chatton, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 393.
(²) Calkins, *Biol. Bull.*, t. 21, 1911, p. 36.
(³) Donnel Brooks Young, *Journ. of Exp. Zool.*, t. 36, n° 3, 1922, p. 353.

Calkins met en évidence cette zone de division en coupant des Paramécies en deux parties inégales. La plus petite dégénère; le grand fragment se divise seul en donnant des individus inégaux, le plus petit, tronqué, étant toujours du côté lésé dans l'opération. Young a retrouvé trois fois cette zone de division chez *Uronychia*, chez des individus coupés plus de 5 heures après une division, c'est-à-dire de 13 à 31 heures avant la division suivante.

Nous avons pensé que, dans les expériences de Chatton, la formation des monstres doubles était liée à la présence de la zone de division et que c'est elle qui est influencée par le traitement hypertonique et nous avons cherché à déterminer le moment de son apparition chez *Colpidium colpoda*.

Des Colpidiums sont transportés, du milieu de Peters ([1]) dans un milieu hypertonique contenant 2,8 pour 1000 de chlorure de sodium, à des temps variables après la division. Le Tableau suivant indique les résultats de l'expérience. Dans la première colonne, sont indiqués le temps écoulé entre une division et le moment du transfert dans la solution hypertonique. En regard est indiqué l'état des individus issus de l'infusoire traité.

h m 0.30........	normaux	h m 5.30........	doubles
1...........	»	6...........	»
1.30........	»	6.30........	»
2...........	»	7...........	normaux
2.30........	»	7.30........	»
3...........	»	8...........	»
3.30........	»	8.30........	»
4...........	»	9...........	»
4.30........	doubles	9.30........	doubles ([2])
5...........	»		

On voit d'après ce Tableau qu'il existe, dans l'intervalle de deux divisions successives, deux périodes pendant lesquelles il est possible, par le traitement hypertonique, d'obtenir la formation de monstres doubles.

Or il est certain qu'environ 30 minutes avant la division existe dans l'infusoire une zone de division. C'est certainement elle qui est influencée par le traitement hypertonique, aussi expliquons-nous la possibilité d'obtenir des diplozoaires entre 4 heures 30 minutes et 6 heures 30 minutes après la

([1]) PETERS, *Journ. of Physiol.*, t. 55, mai 1921, p. 1.

([2]) Il y a un intervalle de 10 heures entre deux divisions successives.

scission par la présence à ce moment d'une zone de division qui disparaît ensuite pour réapparaître 45 minutes environ avant la scission suivante.

On voit donc qu'il existe chez *Colpidium colpoda* une double périodicité cyclique dans l'évolution de la zone de division. La séparation des deux individus fils ne se produit qu'après sa deuxième apparition.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 12 mars 1923.)

Note de M. *P. Diénert*, Sur la circulation souterraine en terrains fissurés :

Page 757, ligne 23, *au lieu de* Crisenne, *lire* Crisenon ; ligne 35, *au lieu de* Auzey, *lire* Augy.

(Séance du 19 mars 1923.)

Note de M. *L. Lecornu*, Sur la durée de révolution des planètes :

Page 796, lignes 6 et suivantes, changer le signe de λ.